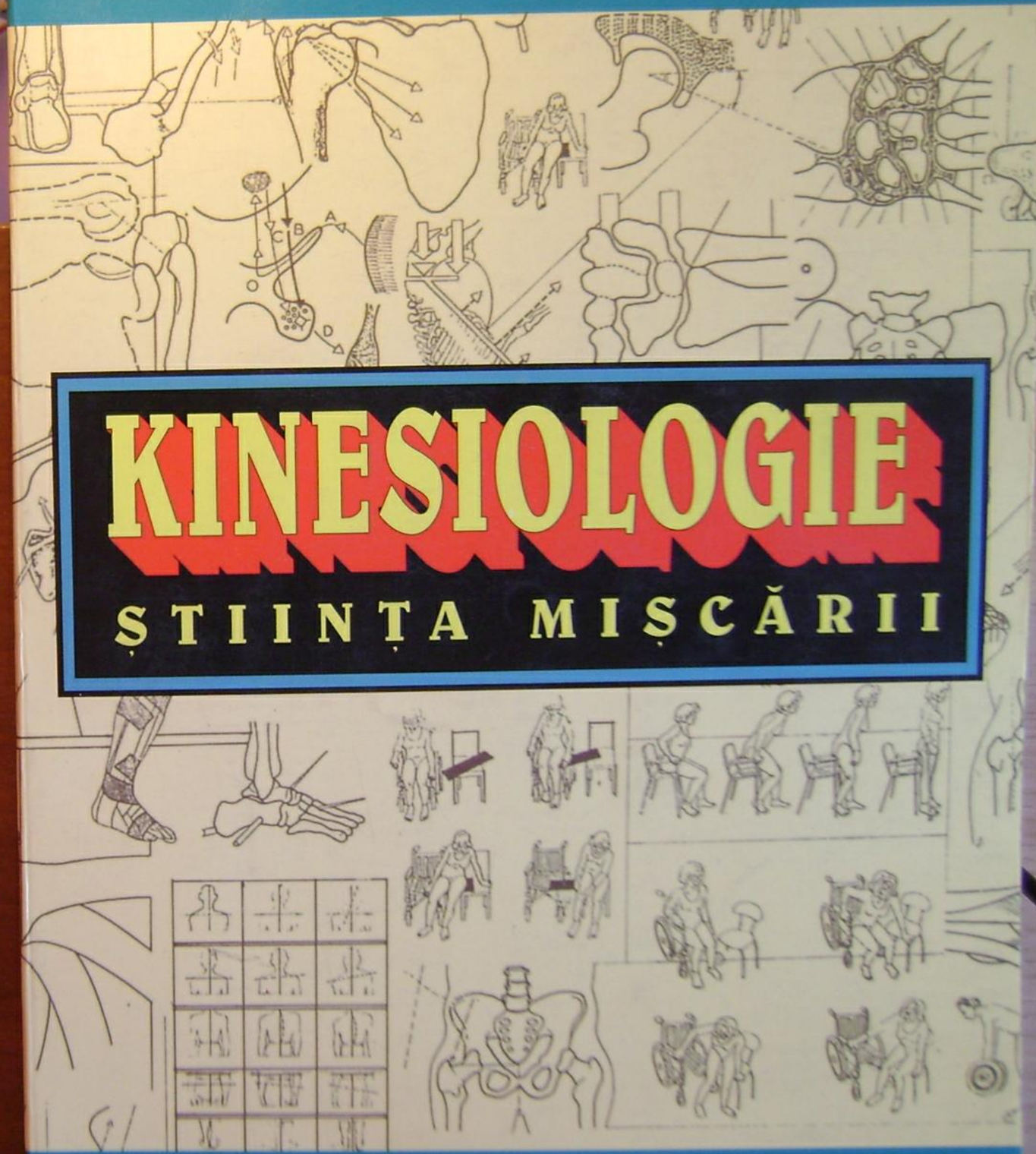
COTA / KINETO
EFS
4K -N

TUDOR SBENGHE



KINESIOLOGIE

ȘTIINȚA MIȘCĂRII

EDITURA MEDICALĂ

PROF. DR. **TUDOR SBENGHE**

KINESIOLOGIE
Ştiinţa mişcării

UNIVERSITATEA * SPIRU HARET *
BIBLIOTECA
ED. FIZICĂ - SPORT
BUCUREŞTI

EDITURA MEDICALĂ
BUCUREŞTI, 2002

Coperta: *ADRIAN CONSTANTINESCU*

„Toate drepturile editoriale aparţin în exclusivitate Editurii Medicale.

Publicaţia este marcă înregistrată a Editurii Medicale, fiind protejată integral de legislaţia internă şi internaţională. Orice valorificare a conţinutului în afara limitelor acestor legi şi a permisiunii editorilor este interzisă şi pasibilă de pedeapsă. Acest lucru este valabil pentru orice reproducere – integrală sau parţială, indiferent de mijloace (multiplicări, traduceri, microfilmări, transcrieri pe dischete etc.).“

ISBN: 973-39-0377-9

Redactor de carte: ***LILIANA PETRESCU***
Secretar redacţie: ***MARIA-ELENA NEAMŢ***
Tehnoredactare computerizată: ***FLORINA ALEXE***
Corectori: ***BERNADETA TRYBALSKI***
CORINA GHINOIU

Bun de tipar: 08.07.2002.
Formatul: 16/70 × 100.
Hârtie: scris IA 70 × 100 / 60 g/m².
Coli tipar: 39.

FUNDAŢIA „ROMÂNIA MEDICALĂ”
BIBLIOTECA
NR. INV. 3394

Sumar

CUVÂNT ÎNAINTE 5

CAPITOLUL 1 – *SCURT ISTORIC* 7

CAPITOLUL 2 – *INTRODUCERE ÎN KINESIOLOGIE* 18

CAPITOLUL 3 – *STRUCTURA ŞI ORGANIZAREA „SISTEMULUI ARTICULAR SINGULAR“* 32

CAPITOLUL 4 – *FUNCŢIONALITATEA „SISTEMULUI ARTICULAR SINGULAR“* 85

CAPITOLUL 5 – *AMPLITUDINEA DE MIŞCARE (AM)* 126

CAPITOLUL 6 – *SISTEMUL EFECTOR MOTOR* 161

CAPITOLUL 7 – *KINEMATICĂ ŞI KINETICĂ* 225

CAPITOLUL 8 – *ELEMENTE DE BIOMECANICĂ* 261

CAPITOLUL 9 – *STRUCTURILE SUPRASEGMENTARE (SUPRAMEDULARE)* 331

CAPITOLUL 10 – *CONTROLUL MOTOR* 344

CAPITOLUL 11 – *EVALUARE* 396

CAPITOLUL 12 – *TERAPIA OCUPAŢIONALĂ* 470

CAPITOLUL 13 – *EXERCIŢIUL AEROBIC ŞI ANTRENAMENTUL LA EFORT* 513

CAPITOLUL 14 – *ADAPTĂRI ACUTE ŞI CRONICE ALE SISTEMULUI MOTOR* 573

BIBLIOGRAFIE (SELECTIVĂ) 613

CUVÂNT ÎNAINTE

Acum 3 ani apărea în Editura Medicală monografia "Bazele teoretice şi practice ale kinetoterapiei" pe care o scrisesem pentru medicii din specialitatea de Medicină Fizică şi Recuperare şi din Medicina Sportivă. Am scris însă cu gândul la kinetoterapeuţi, acei specialişti care mânuiesc exerciţiul terapeutic, adică mijlocul principal al asistenţei de recuperare medicală, dar şi al asistenţei profilactice şi chiar terapeutice.

Orientarea monografiei se concretiza pe expunerea în primul rând a bazelor ştiinţifice ale kinetoterapiei cu incursiuni aplicative şi în aspectele de bază ale practicii kinetice.

Cartea, se pare, a avut o largă audienţă pentru că s-a epuizat într-un timp record, fiind solicitată mai ales de studenţii facultăţilor de kinetoterapie din ţară.

În aceşti 3 ani de la apariţia şi apoi epuizarea monografiei am fost aproape permanent solicitat de noile promoţii de studenţi intraţi în facultăţile de kinetoterapie, dar şi de absolvenţii acestor facultăţi de a reedita monografia.

Această carte este astfel urmarea acestor solicitări. Nu este însă propriu-zis o reeditare, motiv pentru care poartă şi un alt titlu. Scrisă, este adevărat, pe structura de bază a monografiei de acum 3 ani, textul a suferit multe prefaceri, având şi câteva capitole complet noi. Introducerea acestor capitole, cum ar fi "Elemente de biomecanică" şi "Terapia ocupaţională", mi-au fost solicitate expres, ele făcând parte din programa analitică a facultăţilor. Acelaşi argument m-a obligat să schimb complet capitolul asupra "Evaluării".

Pentru aceste probleme, care sunt materii de studiu, studenţii nu au la îndemână o bibliografie de bază măcar informativă.

Am extins, de asemenea, capitolul "Exerciţiul aerobic şi antrenamentul la efort", încercând să rea-

lizez prin el o bază a antrenamentului medical ştiinţific, element de esenţă al kinetoterapiei.

De asemenea (de data aceasta mai mult poate pentru medici) am adus cât mai la zi o serie de noţiuni ştiinţifice de bază ale activităţii fizice.

Există şi un nou capitol intitulat "Introducere în kinesiologie" în care se discută conţinutul, componentele şi clasificările acestei ştiinţe, dar şi locul kinetoterapeutului în contextul asistenţei medicale. Se comentează şi aspectele de terminologie. De fapt, acest capitol s-a dorit a fi o pledoarie pentru acestă deosebit de importantă specialitate şi o încercare de a lămuri pe cei care se cred avizaţi în a hotărî prezentul şi viitorul kinetoterapiei.

Nu pot încheia acest „Cuvânt înainte" fără a mulţumi din nou Editurii Medicale cu care colaborez în condiţii excepţionale de peste 20 de ani.

Autorul

Capitolul 1

SCURT ISTORIC

Un istoric al kinesiologiei şi terapiei prin mişcare nu-şi are rostul decât pentru a sublinia două aspecte deosebit de importante.

Pe de o parte, vechimea impresionantă a acestei terapii, vechime care se pierde undeva în trecutul îndepărtat al omului, căci, chiar dacă informaţiile scrise asupra terapiei prin mişcare nu au „decât" aproape 5000 de ani, este neîndoielnic că fiinţa umană sesizase cu mult timp înainte beneficiile pe care i le aduceau exerciţiile de mişcare pentru refacerea stării de sănătate. Sub un anumit aspect, se poate considera că o terapie prin mişcare, realizată conştient, s-a născut odată cu *Homo sapiens*. Perenitatea kinetoterapiei de-a lungul mileniilor este prin ea însăşi pledoaria cea mai convingătoare pentru valoarea reală a acestei terapii, atât de particulară prin principii, tehnici şi metode de realizare.

Pe de altă parte, acest istoric mai are rolul de a sublinia evoluţia concepţiilor şi a modalităţilor de aplicare a acestei terapii. Aceste concepţii şi metodologii, legate la început de înseşi concepţiile spiritual-filozofice şi de ritualurile pe care le-au generat acestea, s-au transformat şi modelat treptat, laicizându-se sub influenţa tot mai puternică a achiziţiei unor noi cunoştinţe asupra structurii corpului omenesc şi a funcţiilor lui, pe de o parte, ca şi asupra cauzelor şi efectelor bolilor asupra organismului, pe de altă parte.

Desigur că de la practicile unor sisteme de exerciţii terapeutice care ne produc uimire şi amuzament, până la exerciţiile de facilitare neuromusculară proprioceptivă sau de biofeed-back aplicate azi, există o foarte mare distanţă – şi de timp, şi de concepţie.

Primele referiri la un sistem de posturi şi mişcări cu scop terapeutic se găsesc în scrierile chinezeşti de acum 4700 de ani. Este vorba de sistemul Cung Fu de calmare a durerilor şi a altor simptome din entorse, deviaţii de coloană, unele boli chirurgicale etc.

În „Vedele" indiene de-acum aproape 3000 de ani se vorbeşte pe larg de exerciţiile terapeutice recomandate în reumatismul cronic şi alte boli.

Cu toate acestea, Greciei antice îi revine meritul şi cinstea de a fi considerată leagănul exerciţiului fizic – al gimnasticii profilactice şi terapeutice.

Herodicus, profesorul lui Hipocrat, este primul medic grec care se preocupă şi scrie despre valoarea exerciţiului fizic, metodă terapeutică pe care

şi-a aplicat-o lui însuşi, vindecându-se de o boală incurabilă. Elevilor lui cu un fizic mai debil le recomandă sportul – boxul şi luptele corp la corp, iar pacienţilor febrili, mersul fără oprire până la 30 km! În cartea sa „Ars gymnastica" imaginează un sistem extrem de complicat de exerciţii, despre care Plinius cel Bătrân spunea că nu poate fi înţeles fără să ai cunoştinţe serioase de geometrie.

Mulţi contemporani, ca şi urmaşi ai lui Herodicus îi critică exagerările. Hipocrat, cel mai de seamă dintre ei, arată că „nimic nu este mai periculos pentru un febril decât exerciţiul fizic şi masajul".

Hipocrat nu numai că dezvoltă ideea şi practica gimnasticii, dar el este primul care sesizează relaţiile mişcare-muşchi, imobilizare – atrofie musculară, precum şi valoarea exerciţiului fizic pentru refacerea forţei musculare. Ba, mai mult, el vede în kinetoterapie cel mai bun remediu chiar şi pentru bolile mintale. Hipocrat poate fi astfel considerat primul medic care a intuit şi aplicat noţiunea de recuperare funcţională.

De altfel, este bine cunoscut că în Grecia antică există o preocupare deosebită pentru cultivarea calităţilor fizice ale corpului omenesc, participarea la diverse jocuri sportive fiind considerată o activitate de prim ordin. Bineînţeles, este de neconceput o astfel de participare fără o bună cunoaştere a valorii diverselor exerciţii fizice, a unor programe de antrenament diversificate. În aceste exerciţii şi programe recunoaştem bazele nu numai ale antrenamentului sportiv de performanţă, ci şi ale kinetologiei profilactice. Hipocrat scria, fără echivoc, în cartea sa „despre articulaţii": „Organele nu-şi conservă capacitatea lor funcţională decât graţie utilizării şi a unui exerciţiu adecvat. Toţi cei care se vor purta astfel îşi vor asigura o bună sănătate, o dezvoltare armonioasă şi o lungă tinereţe".

Şi totuşi cinstea de a fi astăzi considerat ca fondator al kinesiologiei îi revine unui filosof, lui Aristotel (384-322 î.H.). El dovedeşte o înţelegere uluitoare pentru acel moment în ceea ce priveşte acţiunea muşchilor. Aristotel creează un sistem de explicare a mişcării care a stat la baza lucrărilor memorabile ale lui Galen (130-200 sau 210), Galileo (1564-1642), Newton (1642-1727) şi Borelli (1608-1679).

Aristotel priveşte mişcarea umană ca pe o interacţiune între muşchi şi forţele externe ale mediului. El scrie textual: „animalul care se mişcă îşi face schimbarea de poziţie prin presarea contra suprafeţei care este dedesubtul lui". Această idee va deveni peste secole „legea acţiei şi reacţiei".

În această monografie, în câteva capitole se va discuta importanţa acestui raport între forţele efectoare ale mişcării şi mediul din jur.

Roma antică, cea care a copiat Grecia în atâtea domenii, a avut o inexplicabilă reţinere în faţa exerciţiului fizic, a sportului. Se credea chiar că gimnastica a fost una din cauzele care au dus la declinul Greciei. Romanii socoteau că exerciţiul fizic este bun doar pentru sclavi, fiind destinat să-l practice numai gladiatorii în arene.

Creştinismul a accentuat şi mai mult reţinerea faţă de exerciţiul fizic, care dădea prea multă importanţă corpului, în detrimentul spiritului. Totuşi,

medicii Romei au înţeles valoarea kinetoterapiei şi au continuat să o promoveze, dar fără exagerările cunoscute în Grecia. Asclepiade (124-40 î.H.) este considerat părintele gimnasticii terapeutice la Roma, pe care o recomanda în cazul insomniilor ca şi în ascită. Cornelius Celsus scrie despre rolul important pe care îl joacă exerciţiul fizic şi mersul pe jos în refacerea bolnavilor cu hemiplegie şi alte paralizii. Galen, în cartea sa „Despre igienă", acordă o mare atenţie masajului şi exerciţiilor terapeutice dozate cu grijă, în funcţie de starea pacientului.

La aproape 600 de ani după apariţia primei cărţi, exclusiv despre gimnastică, a lui Herodicus, apare în secolul al III-lea e.n. o a doua carte despre exerciţiile fizice – „Gymnasticon", a lui Flavius Philostratus (care nu era medic), în care rolul kinetoterapiei este rezumat astfel: „elimină umorile, evacuează materiile inutile, înmoaie părţile tari, îngraşă, transformă sau încălzeşte unele părţi".

Probabil în secolul al V-lea e.n. a trăit şi Caelius Aurelianus, care ne împărtăşeşte peste secole, prin scrierile rămase de la el, concepţii asupra kinetoterapiei ce depăşesc cu mult tot ce se gândise şi se scrisese înaintea lui, ba chiar şi în perioada de aproape 1000 de ani după el. Lucrările, analizate şi traduse în ultimele decenii, uluiesc prin valoarea şi actualitatea lor. El analizează valoarea hidrokinetoterapiei, descrie tehnicile de scripetoterapie, exerciţiile din suspendare şi cu contragreutăţi.

În cartea sa „Despre bolile cronice" descrie pe larg tehnicile exerciţiilor terapeutice recomandate în paralizii, reumatism, postoperator etc., tehnici cărora nu li s-ar putea găsi nici azi prea multe critici. El intuieşte exact şi ritmul exerciţiilor, şi valoarea, şi momentul introducerii repausului, ordinea exerciţiilor pasive şi active etc.; tot el introduce o noţiune nouă – „analepsia", care s-ar traduce prin „acţiunea de restabilire", adică de recuperare (termenul de recuperare medicală fusese introdus de Hipocrat).

Obscurantismul Evului Mediu se va răsfrânge şi asupra preocupărilor legate de exerciţiul fizic, deoarece atenţia acordată forţei şi frumuseţii corpului era dezavuată de canoanele bisericeşti. În răstimp de un mileniu, Europa nu numai că nu aduce nimic nou în acest domeniu – ca şi în altele de fapt –, dar ignoră şi ceea ce fusese deja cucerit.

Totuşi, în această perioadă, lumea arabă preia preocupările ştiinţifice ale Antichităţii în multe domenii, printre care şi medicina. Cei doi mari medici ai Orientului, Avicenna şi Haly Abbas, sunt vădit interesaţi şi de exerciţiul fizic, pe care îl prescriu nu numai în scop terapeutic, ci şi profilactic. Spre exemplu, Avicenna spunea: „Dacă oamenii îşi exersează corpurile prin mişcare şi muncă la momente potrivite, ei nu vor mai avea nevoie nici de medici, nici de remedii".

În Europa secolului al XV-lea începe să se manifeste din nou preocuparea pentru exerciţiile fizice. Din această epocă ne-au rămas scrierile lui Pietro Vergerio (1349-1428), care atestă interesul crescând pentru astfel de exerciţii. De fapt, aceste scrieri au stat la baza iniţiativei lui Vittorino da

Feltra, care, în 1423, a deschis la Mantua o şcoală pentru tinerii nobili, unde, alături de instruirea minţii, se practicau şi exerciţiile fizice.

Secolul al XV-lea, care a adus şi apariţia tiparului, mai cunoaşte publicarea a două cărţi care reactualizează concepţiile întâlnite în vechile scrieri greceşti despre igienă şi valoarea exerciţiului fizic. Este vorba de o enciclopedie a lui Antonius Gazius din Padova, intitulată „Florica Corona" – o culegere a celor mai valoroase precepte, precepte ale lui Hipocrat şi Galen – şi de „Rosa Gallica" – lucrare ce aparţine lui Sympharien Champier, medicul regilor francezi Carol al VIII-lea şi Ludovic al XII-lea.

Dintre scrierile secolului al XVI-lea, merită menţionată cartea lui Leonard Fuchs din Tübingen, intitulată „Institutiones Medical", care consacră un întreg capitol („Despre mişcare şi repaus") exerciţiului fizic. De fapt, trebuie considerată ca fiind prima publicaţie în care apare ideea terapiei ocupaţionale. Fuchs apreciază că există două tipuri de exerciţii: exerciţiul simplu – adică gimnastica de azi – şi exerciţiul de muncă – adică terapia ocupaţională.

Din acest secol încep să apară cărţi medicale şi în limbile naţionale, nu numai în latină. Ambroise Paré, celebrul chirurg, scrie în limba franceză o carte de chirurgie în care subliniază că după fracturile membrelor, exerciţiile de gimnastică sunt obligatorii.

În 1556 apare prima carte tipărită despre gimnastică – „Libro del Exercicio", a medicului Christobal Mendez –, dar are o prea mică circulaţie. În schimb, „De Arte Gymnastica" a lui Hieronymus Mercurialis, profesor la Padova, a fost retipărită de şapte ori şi în secolul următor. Câteva idei din această carte, care au influenţat tot ce s-a scris în următoarele decenii, merită subliniate:

– orice individ sănătos trebuie să-şi execute în mod regulat exerciţiile (ideea profilaxiei);

– pentru bolnavi trebuie alese exerciţii care să nu agraveze boala (ideea selecţionării exerciţiilor);

– exerciţiile sunt deosebit de utile în perioada convalescenţei bolilor (ideea recuperării funcţionale);

– exerciţiile se vor prescrie fiecărui individ în parte (ideea individualizării gimnasticii);

– pentru sedentari, exerciţiile sunt obligatorii (ideea profilaxiei);

– exerciţiile trebuie făcute pentru fiecare parte a corpului (ideea unităţii de mişcare a organismului) etc.

Din secolul al XVII-lea, scrierile medicale abundă, majoritatea lor relevând valoarea exerciţiului fizic şi menţionând indicaţii legate de practicarea lui. Vom selecta doar câteva nume şi idei din acest secol.

Joseph Duchesne, medicul lui Henric al IV-lea, scria: „Exerciţiul este un lucru salutar, care garantează omului evitarea multor infirmităţi şi boli"... „el dă corpului agilitate, întăreşte nervii şi articulaţiile".

Din cele şapte cărţi medicale ale medicului şi fiziologului italian Sanctorius Sanctorius, cinci se refereau la exerciţiu şi repaus. După părerea

lui, o bună respiraţie nu poate exista fără exerciţiu fizic şi, în acest sens, recomanda mersul pe jos.

Martin Luther era un mare adept al gimnasticii, scriind: „Muzica alungă tristeţea şi melancolia, gimnastica face corpul robust şi puternic, menţinându-l sănătos. Gimnastica îndepărtează de tineri bolile, destrăbălarea şi beţia".

Tot în acest secol încep studiile de aprofundare ştiinţifică a kinesiologiei. Astfel, matematicianul Giovanni Borelli din Neapole scrie despre mecanica muşchilor şi a mişcării. De altfel, încă de la începutul secolului al XVII-lea Fabricio Aquapendante fondase şcoala mecanicistă, cu o concepţie opusă celei a şcolii medico-chimiste, care vedea viaţa şi organismul numai ca o înlănţuire de fenomene umorale. Curentul mecanicist, printre alte preocupări, era interesat de mişcare, de exerciţiul fizic, pe care-l studia prin prisma matematicii şi legilor mecanicii.

Dar tot în acest secol, în Anglia vestitul medic Thomas Sydenham preconiza practicarea călăriei ca remediu al tuberculozei. În secolul următor, ideea călăriei ca exerciţiu terapeutic este dezvoltată de Francis Fuller în cartea sa „Medicina Gimnastica", în care menţionează că aceasta este recomandată pacienţilor nevrotici, ipohondriaci etc.

Începutul secolului al XVIII-lea este dominat de concepţiile promovate de scrierile lui Hoffmann, Stahl şi Boerhaave, care văd în mişcare însăşi expresia vieţii. În special Hoffmann – care se pare că a fost un medic de geniu – intuieşte perfect multiplele valenţe ale kinetoterapiei. Publică, în 1708, „Disertaţii fizico-medicale", în care un capitol (al şaptelea) poartă titlul de „Mişcarea, considerată ca cea mai bună medicină pentru corp" şi cuprinde o suită de idei extraordinare pentru acea perioadă. Iată câteva dintre ele:

– Nimic nu favorizează circulaţia atât de bine ca mişcarea: contracţia muşchilor contractă vasele, în special venele, accelerând-o;

– În staţiunile balneare, mişcarea pe care o face pacientul parcurgând distanţa până la izvoarele de ape minerale are o valoare mai mare pentru sănătate decât însăşi apa băută;

– Colica biliară este tratată cel mai bine prin exerciţiu şi mai ales prin călărit, mersul cu căruţa etc.;

– Exerciţiile potenţează efectul unor medicamente până într-atât încât, în absenţa lor, medicaţia devine ineficientă;

– Exerciţiul fizic şi mişcarea previn guta;

– Mişcările ocupaţionale (de muncă) fac parte din exerciţiile terapeutice, prelungind viaţa.

Deşi Hoffmann nu a contribuit prea mult la tehnologia kinetologiei, totuşi rolul lui în acceptarea şi aprecierea kinetoterapiei în Europa a fost enorm.

O mare personalitate a secolului al XVIII-lea angajată în promovarea kinetoterapiei a fost Nicolas Andry de Boisregard, care intră în viaţa medicală printr-o teză de doctorat cu caracter polemic: „Este exerciţiul cel mai bun mijloc pentru a prezerva sănătatea?". Mai târziu, ajuns profesor la Paris, scrie două volume sub titlul „Ortopedie", care de fapt alcătuiesc un tratat de gimnastică medicală preventivă şi corectivă. În acest tratat, recomandă exer-

ciţii diferenţiate pentru slăbit, pentru creştere, pentru păstrarea sau redobândirea mobilităţii, pentru creşterea forţei musculare, pentru corectarea curburilor patologice ale coloanei. Subliniază clar relaţia dintre muncă şi forţa musculară, ca şi valoarea unor sporturi pentru dezvoltarea anumitor grupe musculare. Astfel, menţionând printre acestea scrima, el stabileşte, cu aproape 100 de ani înaintea lui Ling, valoarea deosebită a ei ca exerciţiu de tonificare şi de tratament. Tot Nicolas Andry de Boisregard arată care este valoarea repausului în antiteză şi alternanţă cu mişcarea.

Secolul al XVIII-lea, în care câteva zeci de alte nume s-au făcut cunoscute datorită interesului şi contribuţiei aduse la dezvoltarea kinetoterapiei, marchează de asemenea apariţia unei aparaturi speciale pentru gimnastică (calbalansoar suspendat, scaun vibrator etc.). Dar în ultima jumătate a acestui secol a trăit şi Joseph Clement Tissot, personalitate remarcabilă, care aduce schimbări conceptuale în kinetoterapia tradiţională. De pildă, el nu mai este adeptul unor exerciţii care se adresează în general întregului organism şi tot el insistă asupra necesităţii cunoaşterii aprofundate a anatomiei pentru a prescrie exerciţii ortopedice. Studiază atent mişcările din timpul muncii în unele meserii şi, pe această bază, prescrie pacienţilor terapia ocupaţională.

În cartea sa „Gimnastica medicală şi chirurgicală", Clement Tissot indică activităţi gestuale specifice pentru fiecare deficienţă în parte a membrelor sau coloanei, pentru întinderea unui muşchi retracturat, pentru ameliorarea unei redori într-o anumită direcţie de mişcare etc. El are de asemenea o avansată concepţie asupra exerciţiilor de gimnastică respiratorie, asupra mobilizării sistemului toracopulmonar în timpul mişcărilor respiratorii. A adus o serie de argumente de necontestat împotriva unui repaus prelungit nejustificat după o intervenţie chirurgicală. În sfârşit, pentru hemiplegici recomandă un adevărat program recuperator, foarte asemănător celui aplicat azi.

Tratatul lui Tissot, care prin concepţie şi conţinut depăşeşte cu mult epoca sa, a rămas din păcate relativ puţin cunoscut.

Trecerea spre o adevărată kinetoterapie ştiinţifică o face, la începutul secolului al XIX-lea, suedezul Perhr Henrik Ling, elev al profesorului de gimnastică Franz Nachtegall de la Universitatea din Copenhaga. Ling a fost maestru de scrimă şi, preocupat de dezvoltarea acestui sport, studiază asiduu exerciţiile de gimnastică pentru a imagina noi tehnici. De la acestea, pe cale inversă, ajunge să considere că orice exerciţiu de gimnastică trebuie să aibă trei părţi: poziţia de pornire, actul dinamic al mişcării propriu-zise şi atitudinea impusă la sfârşitul mişcării. Pe această bază, Ling îşi creează suita de exerciţii pe care le prescrie în diverse afecţiuni. Dar meritul lui Ling nu este numai acela de a crea metodologii de gimnastică, ci şi de a aprofunda teoretic şi practic mişcarea propriu-zisă. Este preocupat de contracţia musculară, cu şi fără rezistenţă, ca şi de deosebirile dintre contracţia excentrică şi cea concentrică, accentuând importanţa rolului pe care îl joacă în mişcare musculatura agonistă şi antagonistă.

Influenţa lui Ling a fost enormă, astfel încât Europa, ca şi America de Nord adoptă „metoda suedeză" de gimnastică, care avea patru componente principale:

1. gimnastica pedagogică şi educativă – o gimnastică profilactică pentru persoanele sănătoase şi bine construite;
2. gimnastica militară – suită de exerciţii care pot fi utilizate pentru a domina un adversar, având la bază mişcări de scrimă, tir etc.;
3. gimnastica medicală şi ortopedică – gimnastică ce se adresează pacienţilor cu diverse boli sau deficienţe şi care se asociază cu masajul; prin unele scopuri propuse, se apropie de kinetoterapia de recuperare;
4. gimnastica estetică – recomandată pentru armonizarea părţilor simetrice ale corpului, pentru obţinerea frumuseţii corporale şi a graţiei în mişcări.

Desigur că multe componente tehnice ale „metodei suedeze" de gimnastică ni s-ar părea azi bizare sau absolut inutile, iar multe altele chiar greşite, dar valoarea ei pentru acel moment este incontestabilă, deoarece a făcut ca gimnastica să fie privită pentru prima oară ca o noţiune coerentă, guvernată de legi precise, Ling ridicând-o la rangul de ştiinţă. Tehnica lui Ling era însă stereotipă şi dogmatică, ea devenind şi mai închistată după ce fiul lui, Hjalmar Ling, editează un atlas de mişcări, care fixează definitiv această tehnică.

Treptat, spre sfârşitul secolului al XIX-lea şi începutul secolului al XX-lea, criticile la adresa „metodei suedeze" se înmulţesc în diverse ţări. Georges Demeny, în Franţa, îşi bazează argumentele critice pe studiul cronografic şi cinematografic al locomoţiei şi mişcărilor, tehnici utilizate pentru prima dată în analiza kinetologică. Autor de manuale şcolare de gimnastică, el creează o adevărată „metodă franceză", opusă „metodei suedeze". Demeny combate în special poziţiile fixe fundamentale ale corpului, din care se executau mişcările în gimnastica promovată de Ling. Ceva mai mult, prin analiza cinematografică a mişcărilor, dovedeşte injusteţea multor afirmaţii, ca şi a multor tehnici din programul de „mişcări suedeze". În concluzie, după părerea lui Georges Demeny, sistemul gimnastical Ling, care se bazează doar pe elemente anatomice şi deloc fiziologice şi nervoase, „consideră omul ca pe un manechin articulat, şi nimic mai mult".

Dar criticile vin chiar şi din partea cercetătorilor suedezi de la sfârşitul secolului al XIX-lea, care creează o şcoală de gimnastică „neosuedeză", din rândurile căreia s-au remarcat:

- Victor Balk, care introduce noţiunile de „economie a forţelor" şi „randament" în cadrul activităţii fizice la sportivi;
- Elin Falk, care schimbă complet întreaga suită de exerciţii fizice de menţinere a staticii corpului. Aceste exerciţii reprezintă, de fapt, izvoarele kinetoterapiei active actuale. Ele aveau un rol corectiv, fiind destinate posturilor defectuoase (curburile coloanei, dezechilibrul bazinului, al centurilor etc.).

În cadrul acestei gimnastici se descriu 209 poziţii şi exerciţii, majoritatea regăsindu-le în diversele programe moderne de gimnastică.

Autoarea Elin Falk, în afară de exerciţiile „de menţinere", descrie o suită de exerciţii de relaxare, ca şi de asuplizare (întindere), executate în cadenţă ritmică alternantă, pentru reducerea redorilor.

FUNDAŢIA „ROMÂNIA DE MÂINE" BIBLIOTECA NR. INV. - 3372 -

Pentru creşterea forţei musculare, Elin Falk recomandă contracţiile musculare concentrice, excentrice şi statice (isometrice).

• Elli Björksten, care este de fapt creatoarea conceptului de ritm în gimnastică, în scopul ameliorării circulaţiei, dar şi pentru crearea armoniei de mişcare. Ea se opune concepţiei unei gimnastici mecanice, de repetare a unor mişcări ca un automat. De fapt, prin ritm şi mişcare caută să realizeze şi un impact psihologic asupra practicantului.

• Niels Bukh – cel care a militat pentru rolul exerciţiilor de asuplizare (întindere) ritmice, atitudine adoptată şi de Elin Falk în cartea sa publicată în 1917. Bukh a dezvoltat de fapt ideea lui Ling, potrivit căreia un exerciţiu de mişcare trebuie executat până la limita extremă a acestei mişcări, în scopul evitării redorii articulare. Astăzi, cele 183 de exerciţii de asuplizare descrise sunt cunoscute ca „exerciţii tip Bukh".

Şcoala neosuedeză reprezintă victoria metodelor dinamice asupra celor statice, poziţionale, agreate în trecut.

De asemenea, Suedia secolului al XIX-lea este ţara în care ia naştere mecanoterapia, ca metodă de ameliorare a travaliului muscular fiziologic şi de asuplizare articulară. Jonas Gustav Wilhelm Zander, influenţat de perceptele lui Ling, creează o suită de 71 de aparate mecanice, acţionate de forţa musculară a pacientului prin intermediul pârghiilor şi contragreutăţilor, sau de o forţă motrică externă, sau de propria greutate a corpului – aparate care promovau o mişcare sau determinau contrarezistenţe.

Succesul metodei Zander este enorm, întreaga Europă, ca şi cele două Americi generalizând-o în următorii 50 de ani.

Secolul al XIX-lea rămâne în istoria kinesiologiei şi pentru preocupările legate de kinetoterapia bolilor cardiovasculare şi a unor boli neurologice.

William Stokes din Dublin, Oertel din Munich, fraţii Schott din Anglia demonstrează valoarea mersului pe plat, a exerciţiului fizic pentru pacienţii cardiaci, precum şi a reluării precoce, dar progresive, a mersului la cei care au suferit un atac cardiac.

Todd şi Erben sunt primii neurologi care se ocupă de recuperarea hemiplegicilor, dar cel care alcătuieşte un program complet (aproape perfect valabil şi azi) pentru recuperarea acestor bolnavi este R. Hirschberg, care descrie cu minuţiozitate întreaga kinetoterapie, pe etape, destinată lor: prima etapă, imediat după atac, necesită repaus total; în a doua etapă, după prima săptămână, se începe mobilizarea pasivă, iar în cea de a treia, se trece la reeducarea musculară şi mers. Reeducarea mersului este executată de Hirschberg pe baza analizei atente a deficitului motor, pe care caută să-l rezolve, etapă cu etapă, cu ajutorul unor exerciţii analitice precise.

În Elveţia, H.S. Frenkel concepe o metodă pentru reeducarea mersului ataxic al tabeticului, care revoluţionează kinetoterapia.

Avântul luat de kinetoterapie în secolul al XIX-lea, ca metodă terapeutică de bază într-o serie de boli deosebit de severe, dar şi ca metodă de profilaxie, se continuă şi în prima parte a secolului al XX-lea, când Knopf

(1908) abordează în mod ştiinţific un alt mare capitol – gimnastica respiratorie –, arătând rolul respiraţiei profunde şi lente în ameliorarea schimburilor gazoase.

De altfel, de aici înainte, dezvoltarea kinetoterapiei se va face nu numai sub aspectul ei general, ci şi, mai ales, în strânsă corelaţie cu dezvoltarea specialităţilor medicale şi apariţia specialiştilor pe profile de patologie – tendinţă care, după cum am văzut, începuse să se contureze încă din ultima parte a secolului al XIX-lea.

Secolul al XX-lea debutează în kinetologie şi cu apariţia binecunoscutelor exerciţii ale lui Rudolph Klapp pentru reeducarea scoliozelor – exerciţii ce se practică şi azi în aproape toate sălile de gimnastică medicală. Şcoala Klapp care se constituie prin deceniile II-III ale secolului a deţinut monopolul pentru orice program kinetic destinat coloanei vertebrale. De-abia în ultimii ani tehnicile propuse pentru mobilizarea şi corectarea coloanei au început să fie abandonate sau reevaluate.

Urmările primului război mondial, care a umplut Europa de invalizi, au impulsionat cu deosebire dezvoltarea în continuare a kinetoterapiei. Spitalele militare de convalescenţi sunt dotate cu săli de kinetoterapie, apar noi metodologii, literatura medicală de kinesiologie abundă, apar şcoli de pregătire pentru kinetoterapeuţi. În Statele Unite, kinetoterapia urmează acelaşi curs.

Tot în această perioadă, Bergonie introduce pentru prima dată terapia ocupaţională (ergoterapia), ca formă a gimnasticii medicale pentru deficienţii motori, în spitalele militare din Franţa, de unde este preluată, chiar în timpul războiului, de germani pentru spitalele lor.

Ca promotori ai unei kinetoterapii active în acest început de secol sunt citaţi P. Kouindjy, în Franţa – care scrie „Kinesiterapia de război" –, N.E. Deane, în Anglia – cunoscut pentru tratatul său „Tratamentul gimnastical al bolilor muşchilor şi articulaţiilor", apărut în 1918 –, precum şi R.T. McKenzie, din S.U.A. – căruia îi apare, în 1900, cartea „Exerciţiul în educaţie şi medicină", reeditată în 1923, care timp de un sfert de secol a fost cartea de bază a kinetoterapiei americane.

Tot în prima parte a secolului al XX-lea poliomielita începe să facă tot mai multe victime, epidemiile se succed frecvent, ceea ce obligă pe medici şi kinetoterapeuţi să se îndrepte şi spre aceşti sechelari. Se concep noi tehnici pentru reeducarea funcţională, în special a mersului sechelarilor paraplegici. Din această perioadă, istoria kinetoterapiei a reţinut numele Wilhelminei Wright, din S.U.A., care, printre altele, a perfecţionat tehnica utilizării membrelor superioare în timpul mersului cu cârje al paraplegicilor, element considerat ca o mare achiziţie în dezvoltarea exerciţiului terapeutic. Pe aceeaşi linie, în Suedia, J. Arvedson alcătuieşte programe de exerciţii fizice pentru poliomielitici.

Deşi exerciţiile gimnasticale în apă fuseseră preconizate încă din Antichitate, termenul de „hidrogimnastică", apare în 1924, introdus fiind de Charles Lowman, din Los Angeles, pentru exerciţiile în apă recomandate copiilor paralizaţi.

Pentru creşterea forţei musculare, Elin Falk recomandă contracţiile musculare concentrice, excentrice şi statice (isometrice).

• Elli Björksten, care este de fapt creatoarea conceptului de ritm în gimnastică, în scopul ameliorării circulaţiei, dar şi pentru crearea armoniei de mişcare. Ea se opune concepţiei unei gimnastici mecanice, de repetare a unor mişcări ca un automat. De fapt, prin ritm şi mişcare caută să realizeze şi un impact psihologic asupra practicantului.

• Niels Bukh – cel care a militat pentru rolul exerciţiilor de asuplizare (întindere) ritmice, atitudine adoptată şi de Elin Falk în cartea sa publicată în 1917. Bukh a dezvoltat de fapt ideea lui Ling, potrivit căreia un exerciţiu de mişcare trebuie executat până la limita extremă a acestei mişcări, în scopul evitării redorii articulare. Astăzi, cele 183 de exerciţii de asuplizare descrise sunt cunoscute ca „exerciţii tip Bukh".

Şcoala neosuedeză reprezintă victoria metodelor dinamice asupra celor statice, poziţionale, agreate în trecut.

De asemenea, Suedia secolului al XIX-lea este ţara în care ia naştere mecanoterapia, ca metodă de ameliorare a travaliului muscular fiziologic şi de asuplizare articulară. Jonas Gustav Wilhelm Zander, influenţat de perceptele lui Ling, creează o suită de 71 de aparate mecanice, acţionate de forţa musculară a pacientului prin intermediul pârghiilor şi contragreutăţilor, sau de o forţă motrică externă, sau de propria greutate a corpului – aparate care promovau o mişcare sau determinau contrarezistenţe.

Succesul metodei Zander este enorm, întreaga Europă, ca şi cele două Americi generalizând-o în următorii 50 de ani.

Secolul al XIX-lea rămâne în istoria kinesiologiei şi pentru preocupările legate de kinetoterapia bolilor cardiovasculare şi a unor boli neurologice.

William Stokes din Dublin, Oertel din Munich, fraţii Schott din Anglia demonstrează valoarea mersului pe plat, a exerciţiului fizic pentru pacienţii cardiaci, precum şi a reluării precoce, dar progresive, a mersului la cei care au suferit un atac cardiac.

Todd şi Erben sunt primii neurologi care se ocupă de recuperarea hemiplegicilor, dar cel care alcătuieşte un program complet (aproape perfect valabil şi azi) pentru recuperarea acestor bolnavi este R. Hirschberg, care descrie cu minuţiozitate întreaga kinetoterapie, pe etape, destinată lor: prima etapă, imediat după atac, necesită repaus total; în a doua etapă, după prima săptămână, se începe mobilizarea pasivă, iar în cea de a treia, se trece la reeducarea musculară şi mers. Reeducarea mersului este executată de Hirschberg pe baza analizei atente a deficitului motor, pe care caută să-l rezolve, etapă cu etapă, cu ajutorul unor exerciţii analitice precise.

În Elveţia, H.S. Frenkel concepe o metodă pentru reeducarea mersului ataxic al tabeticului, care revoluţionează kinetoterapia.

Avântul luat de kinetoterapie în secolul al XIX-lea, ca metodă terapeutică de bază într-o serie de boli deosebit de severe, dar şi ca metodă de profilaxie, se continuă şi în prima parte a secolului al XX-lea, când Knopf

(1908) abordează în mod ştiinţific un alt mare capitol – gimnastica respiratorie –, arătând rolul respiraţiei profunde şi lente în ameliorarea schimburilor gazoase.

De altfel, de aici înainte, dezvoltarea kinetoterapiei se va face nu numai sub aspectul ei general, ci şi, mai ales, în strânsă corelaţie cu dezvoltarea specialităţilor medicale şi apariţia specialiştilor pe profile de patologie – tendinţă care, după cum am văzut, începuse să se contureze încă din ultima parte a secolului al XIX-lea.

Secolul al XX-lea debutează în kinetologie şi cu apariţia binecunoscutelor exerciţii ale lui Rudolph Klapp pentru reeducarea scoliozelor – exerciţii ce se practică şi azi în aproape toate sălile de gimnastică medicală. Şcoala Klapp care se constituie prin deceniile II-III ale secolului a deţinut monopolul pentru orice program kinetic destinat coloanei vertebrale. De-abia în ultimii ani tehnicile propuse pentru mobilizarea şi corectarea coloanei au început să fie abandonate sau reevaluate.

Urmările primului război mondial, care a umplut Europa de invalizi, au impulsionat cu deosebire dezvoltarea în continuare a kinetoterapiei. Spitalele militare de convalescenţi sunt dotate cu săli de kinetoterapie, apar noi metodologii, literatura medicală de kinesiologie abundă, apar şcoli de pregătire pentru kinetoterapeuţi. În Statele Unite, kinetoterapia urmează acelaşi curs.

Tot în această perioadă, Bergonie introduce pentru prima dată terapia ocupaţională (ergoterapia), ca formă a gimnasticii medicale pentru deficienţii motori, în spitalele militare din Franţa, de unde este preluată, chiar în timpul războiului, de germani pentru spitalele lor.

Ca promotori ai unei kinetoterapii active în acest început de secol sunt citaţi P. Kouindjy, în Franţa – care scrie „Kinesiterapia de război" –, N.E. Deane, în Anglia – cunoscut pentru tratatul său „Tratamentul gimnastical al bolilor muşchilor şi articulaţiilor", apărut în 1918 –, precum şi R.T. McKenzie, din S.U.A. – căruia îi apare, în 1900, cartea „Exerciţiul în educaţie şi medicină", reeditată în 1923, care timp de un sfert de secol a fost cartea de bază a kinetoterapiei americane.

Tot în prima parte a secolului al XX-lea poliomielita începe să facă tot mai multe victime, epidemiile se succed frecvent, ceea ce obligă pe medici şi kinetoterapeuţi să se îndrepte şi spre aceşti sechelari. Se concep noi tehnici pentru reeducarea funcţională, în special a mersului sechelarilor paraplegici. Din această perioadă, istoria kinetoterapiei a reţinut numele Wilhelminei Wright, din S.U.A., care, printre altele, a perfecţionat tehnica utilizării membrelor superioare în timpul mersului cu cârje al paraplegicilor, element considerat ca o mare achiziţie în dezvoltarea exerciţiului terapeutic. Pe aceeaşi linie, în Suedia, J. Arvedson alcătuieşte programe de exerciţii fizice pentru poliomielitici.

Deşi exerciţiile gimnasticale în apă fuseseră preconizate încă din Antichitate, termenul de „hidrogimnastică", apare în 1924, introdus fiind de Charles Lowman, din Los Angeles, pentru exerciţiile în apă recomandate copiilor paralizaţi.

După aproape jumătate de secol, tot poliomielita va fi cea care va incita la noi studii de kinetoterapie, ca şi la introducerea unor noi tehnici şi metodologii.

Hidrogimnastica ia un mare avânt şi datorită acelui tanc-bazin de cameră, imaginat şi construit special de inginerul Hubbard din Chicago, tanc ce-i poartă şi azi numele.

Problemele de instalare în interior a acestor bazine Hubbard, ca şi consumurile de apă caldă iarna determină pe Olive Guthrie-Smith să le înlocuiască prin „suspensoterapie", adică prin suspendarea corpului de un cadru metalic prin intermediul unor chingi. Din această poziţie, în care gravitaţia era eliminată, se executau exerciţiile terapeutice. Treptat, autoarea completează exerciţiile în acest cadru-cuşcă metalică prin introducerea rezistenţelor elastice formate din arcuri sau benzi de cauciuc, procedeu cunoscut azi sub denumirea de „terapie cu arcuri" („springtherapy"), la care adaugă deja şi nişte scripeţi cu contragreutăţi (tehnică ce se va dezvolta ceva mai târziu).

Aceste tehnici imaginate de Guthrie-Smith, perfecţionate continuu de ea însăşi, nu sunt reţinute de practicienii kinetoterapeuţi. Ele dobândesc tot mai mulţi adepţi de-abia după cel de-al doilea război mondial.

Secolul al XX-lea acumulează treptat sisteme de kinetoterapie pentru diferite segmente ale corpului sau boli, sisteme analizate, justificate teoretic şi expuse practic în cele mai mici amănunte. Încă de la începutul secolului, Klapp deschisese suita acelor sisteme care-i poartă numele, continuată apoi de alţii, care, la rândul lor, vor imagina noi grupaje de exerciţii. Amintim doar pe câţiva dintre aceştia:

- Leo Bürger, în deceniile II-III, descrie gimnastica ce-i poartă numele, recomandată celor cu boli vasculare periferice;
- Ernest Codman din Boston, în 1934, alcătuieşte un întreg grupaj de exerciţii pentru umăr, din care şi azi se utilizează o parte pentru periartrita scapulohumerală în faza subacută;
- Kinetoterapia din unele boli interne (digestive, respiratorii) este axată pe conceptul şi exerciţiile lui Kohlrausch;
- În Anglia, prof. J.B. Mennell introduce tehnicile de manipulare articulară în kinetoterapia modernă, separându-le de tehnica osteopatică şi chiropraxie, din care au derivat. Mai târziu, R. Maigne dezvoltă aceste tehnici într-un concept unitar;
- Morbiditatea prin dureri lombare, mereu în creştere, determină apariţia unor metode kinetoterapeutice specifice, cum sunt cele ale lui Paul Williams;
- Deşi se pare că actul de naştere al culturismului îl constituie lucrările lui Triat din secolul XIX – ale cărui concepţii au fost dezvoltate de elevii săi Feval şi Paz în Franţa –, totuşi în secolul al XX-lea el cunoaşte, prin metodele lui, o integrare completă în kinetologie, continuându-şi totodată evoluţia pe cont propriu şi devenind o adevărată mişcare sportivă.

Aceeaşi idee de creştere a forţei musculare se află la baza multor sisteme de exerciţii preconizate mai ales în ultimele decenii.

- În deceniul V, Thomas L. De Lorme şi Arthur Watkins introduc exerciţiile cu rezistenţă progresivă, la care îşi aduc contribuţia pe parcurs MacGovern, Zinovieff, Rudd, Waghemacker etc. Aşa-zisa „metodă De Lorme", cu sau fără modificările respective, este o tehnică de bază pentru tonificarea musculară;
- În acelaşi scop apar în deceniul VI tehnicile de izometrie scurtă ale lui Th. Hettinger şi E.A. Muller, care au revoluţionat nu numai programele de kinetoterapie, ci şi metodologia antrenamentului sportiv;
- Probabil că cel mai însemnat progres pe care secolul XX l-a marcat în kinetologie sunt tehnicile de facilitare neuromusculară, de care rămân legate pentru totdeauna nume ca acelea ale lui Kabat, Knott, Vos, Bobath, Rood, Stockmeyer, Brunnström etc. Aceste tehnici nu numai că au pătruns în intimitatea neurofiziologiei mişcării, dar din punct de vedere practic au pus bazele unei kinetoterapii complet noi, cu largi perspective de dezvoltare. Această dezvoltare se petrece chiar sub ochii noştri, prin apariţia metodelor de bio-feed-back (A. Marinacci), a metodei „condiţionării operaţionale" (Fordyce şi Skinner), a tehnicilor bazate pe componenta motivaţională a sistemului motor (Kuypers) sau pe efectul tranchilizant al exerciţiului fizic (De Vries şi colab.) etc.

Deceniile V şi VI aduc de asemenea tehnica stretchingului (americanul Bob Anderson), care după alţi 20-25 de ani devine probabil cea mai răspândită tehnică kineto atât în recuperarea medicală cât şi în kinetoprofilaxie ca şi în pregătirea sportivilor.

- În sfârşit, să amintim în finalul acestei liste, de apariţia izokineziei nu numai ca o metodă kinetică de antrenare a forţei şi rezistenţei musculare, ci şi cu implicaţii asupra fiziologiei şi teoretizării mişcării.

Ultimii 10-20 de ani, practic, nu au mai cunoscut apariţii spectaculare în practica kinetoterapeutică. În schimb, aceşti ani au reprezentat un progres incontestabil în problemele teoretice de bază ale mişcării, contracţiei musculare, controlului motor ca şi asupra activităţii aerobice cu urmările induse de aceasta asupra organismului. În prezenta monografie s-a căutat să se discute cât mai multe date din această nouă viziune asupra bazelor teoretice şi practice ale kinetoterapiei.

Iată deci că istoricul kinesiologiei şi kinetoterapiei se scrie mereu, de milenii – şi se va scrie cu siguranţă şi în viitor –, căci „mişcarea este viaţă".

Capitolul 2

INTRODUCERE ÎN KINESIOLOGIE

2.1. *CADRUL KINESIOLOGIEI* 18
2.1.1. **Kinesiologia ca ştiinţă** 19
2.1.2. **Kinesiologia ca profesie** ... 21
2.1.3. **Kinesiologia ca disciplină** .. 22
2.2. *EVALUAREA ÎN KINESIOLOGIE* ... 23
2.3. *KINETOLOGIA = ACTIVITATE FIZICĂ* 24
2.4. *KINESIOLOGIA ŞI BOALA* 26
2.5. *TENDINŢE MODERNE ÎN KINESIOLOGIE* 28
2.6. *PROBLEME DE TERMINOLOGIE* 30

2.1. *CADRUL KINESIOLOGIEI*

Kinetologia sau kinesiologia, termen introdus de Dally în 1857 la Paris, înseamnă „ştiinţa sau studiul mişcării", căci *„kinein"* = mişcare, iar *„logos"* = a studia, a vorbi despre.

Pentru a încadra kinesiologia mai corect într-o definiţie ar trebui să spunem că este *„ştiinţa mişcării organismelor vii şi a structurilor care participă la aceste mişcări"*.

Desigur că în această definiţie poate intra şi studiul deplasării amoebei sau miriapodului ca şi a păsărilor sau omului. Evident că prin kinetologie noi o vom înţelege numai pe cea referitoare la om şi numită „kinetologie medicală". Ar trebui poate să atragem atenţia că în logica taxonomică de mai sus ar fi necesar să clasificăm mai întâi „kinetologia umană" şi ca o componentă a acesteia să vorbim de cea „medicală" deoarece teoretic putem accepta şi o „kinetologie nemedicală". Nu este însă nevoie de o astfel de abordare căci kinetologia medicală preia tot ce s-ar putea spune într-un capitol intitulat „kinetologie umană"*. De altfel, definiţia kinetologiei medicale este: *„studiul structurilor şi mecanismelor neuromusculare şi articulare care asigură omului activităţi motrice normale, înregistrând, analizând şi corectând mecanismele deficitare"*. Partea întâi a acestei definiţii acoperă după cum se vede întreaga problematică generală (medicală şi nemedicală) a kine-

* Evident există o serie de alte specialităţi care se preocupă de kinetologia nemedicală studiind doar aspectele motrice umane fără relaţia cu boala şi kinetoterapia.

tologiei umane în timp ce în partea a doua a definiţiei aspectul medical devine evident. Şi mai devin evidente şi componentele kinetoterapiei.

1. Aspectul *ştiinţific*, teoretic al kinesiologiei apare din prima parte a definiţiei „studiul structurilor şi mecanismelor neuromusculo-articulare" ale mişcării.

2. Tot din definiţie am văzut că kinetologia „înregistrează şi analizează" mecanismele deficitare ale mişcării. Altfel spus, a 2-a componentă a kinesiologiei este *„Evaluarea"* – capitol considerat esenţial nu numai pentru inventarierea perturbărilor mişcării, ci şi pentru crearea programelor practice kinetice (vezi capitolul „Evaluare").

3. În sfârşit, definiţia precizează rolul kinetoterapiei în „corectarea" mecanismelor deficitare ale mişcării. Este *componenta practică*, terapeutică *(kinetoterapia)*, sau „arta" acestei ştiinţe numită kinesiologie.

Stricto sensum, kinesiologia are în studiu aparatul locomotor sau aparatul mioartrokinetic sau mai corect neuro-mio-artro-kinetic.

Largo-sensum, kinetologiei îi revine însă şi sarcina de a studia şi modul în care activitatea acestui aparat influenţează celelalte aparate şi sisteme (mai ales cel cardiovascular, respirator, metabolic şi neuropsihic) precum şi modul în care aceste sisteme îşi exercită influenţa asupra aparatului neuromioartokinetic.

Şi încă nu am atins graniţele kinetologiei căci mai intervine un factor esenţial: „mediul" în care organismul se mişcă. În 1985, Higgins, parafrazându-l pe Aristotel, marele filosof al Antichităţii, considerat azi ca părintele kinetologiei nu numai pentru că este primul care înţelege acţiunea muşchilor, ci şi pentru că realizează interacţiunea între aceasta şi forţele externe ale mediului; Higgins, deci, stabileşte definitiv această corelare spunând: „mişcarea este inseparabilă de structura care o susţine (care o determină) şi de ambientalul care o defineşte".

În această monografie există mai multe momente în care se discută şi se demonstrează justeţea acestei afirmaţii.

Ca multe alte ramuri ale cunoaşterii umane, kinetologia are o componentă teoretică, ştiinţifică, şi una practică. Prezenta monografie urmăreşte să expună în primul rând componenta ştiinţifică, teoretică şi doar în subsidiar pe cea practică dar nu în aspectul aplicativ al artei kinetice, ci în explicarea bazelor teoretice ale acestei practici.

Termenul de kinesiologie are azi o triplă circulaţie. Ca ştiinţă, ca disciplină şi ca profesie. Să analizăm pe rând aceste aspecte ale kinetologiei.

2.1.1. *Kinesiologia ca ştiinţă*

Am amintit deja încă de la începutul acestui capitol, în cadrul definiţiilor, de acest aspect al kinetologiei.

Ca orice ştiinţă, kinesiologia are legi precise după care se conduce. Sunt legi împrumutate din alte ştiinţe (fiziologie, fizică, biologie etc.) dar având şi propriile ei legi pe care şi le-a creat pe baza aplicării celor de mai sus în contextul activităţii fizice umane. În fond întreaga monografie de faţă nu este decât o expunere a acestor legi.

În general, după cum se ştie, ştiinţele au dezvoltat în cadrul lor capitole individualizate ca nişte subdiscipline ale ştiinţei-discipline de bază. Astfel fizica şi-a ramificat conţinutul prin studierea separată a mecanicii, electricităţii, energiei nucleare etc. Tot astfel şi kinetologia ca ştiinţă are 3 mari componente (subdiscipline):

A. Biomecanica sau *„kinetologia mecanică"* este aplicarea legilor mecanicii la studiul mişcării.

a) Biomecanica studiază *„anatomia aplicată"*, adică raporturile între structură şi funcţie. În acest cadru se vor discuta: raportul între forma unei articulaţii şi tipul ei de mişcare, între geometria muşchiului şi forţa lui, între structura coloanei şi gradul ei de mişcare, între aspectul părţii proximale a femurului şi presiunile exercitate etc. În acelaşi timp, se analizează şi impactul anormalităţilor structurale, înnăscute sau dobândite, asupra mişcării (activităţii fizice).

b) Biomecanică înseamnă şi *analiza fizică a mişcării*, aplicarea legilor fizice ale mişcării la activitatea fizică a omului. În acest cadru, se va discuta despre: frecare, inerţie, rezistenţe, acceleraţie, velocitate, pârghii etc. Şi de asemenea analizează implicaţiile abaterilor de la aceste legi ale mişcărilor patologice.

B. Fiziologia exerciţiilor este cea de-a doua subdisciplină a kinetologiei ştiinţifice reprezentând aplicarea legilor fiziologiei la studiul mişcării umane. În cadrul acestei componente a kinetologiei teoretice se expun:

– răspunsurile funcţionale imediate şi adaptările în timp la activitatea fizică a aparatelor şi sistemelor organismului (cardiovascular, respirator, metabolic, endocrin, sânge, termoreglare etc.);
– modalitatea în care se realizează şi se consumă „energia" în activitatea fizică;
– limitele performanţei fizice şi ce reprezintă oboseala;
– răspunsurile organismului la stresul fizic;
– nivelul de fitness;
– etc.

Anormalităţile proceselor fiziologice de mai sus reprezintă probleme de preocupare ale kinetologiei medicale căci pe aceste mecanisme fiziopatologice îşi bazează programul de intervenţie componenta practică a acestei ştiinţe.

C. Comportamentul psihomotor, a 3-a subdisciplină, are ca material de studiu rolul şi mecanismele SNC în procesele de comandă şi execuţie a mişcărilor voluntare.

În această subdisciplină intră probleme ca:
– modul de elaborare a necesităţii şi comenzii unei mişcări;
– transmiterea acestei comenzi spre aparatul efector;

– continua ajustare a parametrilor unei activităţi fizice (feedback-urile);
– modul de formare a abilităţilor, a echilibrului şi stabilităţii;
– etc.

Tot această subdisciplină a kinesiologiei se preocupă şi de implicaţiile anormalităţilor neurologice sau/şi psihice asupra proceselor de comandă şi execuţie ale activităţilor fizice.

Iată, aşadar, „dimensiunile" kinetologiei ştiinţifice care îşi integrează noţiuni de bază ale ştiinţelor fizice, biologice şi medicale.

2.1.2. *Kinesiologia ca profesie*

Această parte a kinetologiei are la bază componenta *„practică"*, arta prin care un individ practicând o suită de activităţi fizice (exerciţii terapeutice) îşi îmbunătăţeşte starea fizică, îşi ameliorează o serie de suferinţe, îşi reface deficite funcţionale.

Dacă componenta ştiinţifică o putem considera „partea ascunsă" a kinesiologiei ea existând în bagajele de cunoştinţe obligatorii ale kinetoterapeutului, componenta practică este „partea vizibilă" aplicată de acesta printr-un program de activităţi fizice dirijate în vederea unui scop medical. Prin această componentă, kinetologia devine o profesie exercitată de un specialist, kinetoterapeutul.

Această componentă practică nu mai este şi profesională dacă ea nu are la bază kinetologia ştiinţifică. Fără aceasta ea devine o aglomerare de mişcări, fără sens şi scop, mimări şi empirisme care nu pot fi considerate benefice, medicale, şi ceva mai mult, putând deveni periculoase sau direct nocive.

În ţara noastră, kinetologia ca profesie a parcurs o cale sinuoasă. După un prim început cu circa 35-40 de ani în urmă care se anunţa promiţător (au apărut profesorii de cultură fizică medicală) a urmat o lungă perioadă în care practicarea kinesiologiei a fost făcută de absolvenţi ai unor facultăţi de Educaţie Fizică şi Sport care nu aveau nici un fel de pregătire în domeniu. Lipsiţi de cunoştinţele necesare, „practicarea" kinetologiei în aceste condiţii nu avea nici un fel de suport ştiinţific ea nemaiputându-se numi „profesionistă", ci un soi de kinesiologie „empirică".

Din fericire, în ultimii 10 ani, odată cu apariţia facultăţilor de kinetoterapie s-a putut reveni şi la dimensiunea de kinetologie, profesie reală, cu baze ştiinţifice solide.

Prin componenta ei practică, numită generic „kinetoterapie" (termen care va mai fi discutat), kinetologia face parte din marele capitol al medicinii fizice, specialitate terapeutică care se află alături de alte tipuri terapeutice ale medicinei (farmacologice, chirurgicale, homeopatice, psihoterapice etc.). După cum se ştie, medicina fizică utilizează în afară de exerciţiul fizic terapeutic (terapia prin mişcare, kinetoterapia) şi alţi factori fizici care reali-

zează: termoterapia, hidroterapia, electroterapia, masoterapia, climatoterapia sau presoterapia.

Ca „profesie", kinetologia este o profesie liberală ai cărei profesionişti beneficiază de dreptul de cabinet privat în condiţiile legii şi statutului acestor profesionişti.

Din păcate, trebuie să recunoaştem că, în prezent, în ţara noastră, posibilităţile de exercitare a acestei profesii sunt limitate la nivelul doar al sistemului de asistenţă medicală (spitale, policlinici, staţiuni balneare, sanatorii). În alte ţări, pregătirea complexă a kinetoterapeuţilor (vezi mai departe) a deschis porţile multor altor instituţii cum ar fi: şcolile obişnuite sau cele speciale (cu copii handicapaţi, sau de dans, balet, sportive), cluburi sportive, cluburi de agrement particulare, armata, *nursing-home*-uri, centre de cercetare, servicii de asistenţă la domiciliu etc.

Complexitatea preocupărilor în aceste locuri de muncă pentru care sunt solicitaţi kinetoterapeuţii se datorează faptului că „firul roşu" în pregătirea acestor profesionişti este *studiul activităţii fizice umane atât la omul sănătos, cât şi la cel bolnav.*

2.1.3. *Kinesiologia ca disciplină*

Ca ramură a cunoaşterii, cum se sublinia ceva mai înainte, kinesiologia a devenit o ramură a învăţământului, a devenit disciplină în secolul al XVII-lea.

În acest secol, „gimnastica" a început să fie învăţată în şcoli ca materie de studiu, în limba ţărilor respective.

Aşa cum s-a putut vedea şi în scurtul istoric expus în această monografie, deşi rădăcinile kinetoterapiei se pierd în timp, de mii de ani, cunoştinţele în domeniul gimnasticii se transmiteau direct de la maestru la elev, sau prin cărţile scrise de unii practicanţi.

Secolul al XVII-lea, introducând gimnastica ca disciplină, a realizat un moment de mare cotitură în istoria kinetologiei. Au apărut manuale, programe şcolare, ore speciale de predare etc. iar treptat, paralel, s-au dezvoltat şi problemele legate de pedagogia şi psihologia învăţării acestei discipline.

Tot kinetologiei ca disciplină îi datorăm introducerea „programelor de lucru" organizate spre obiective kinetice bine definite.

Se poate spune cu precizie că dezvoltarea teoretică şi practică a kinetologiei este datorată contextului acesteia, ca disciplină de învăţământ. Şi azi, dezvoltarea kinetologiei ca ştiinţă, ca practică, dar şi sub raport organizatoric este determinată de poziţia ei ca disciplină.

În SUA, de mai mulţi ani pe acelaşi tărâm al kinetologiei ca disciplină au apărut masterate, doctorate, specializări în domenii deosebit de interesante, cum ar fi în fiziologia exerciţiului, în dezvoltarea motorie, în studiul

mersului, în probleme de performanţă (sportivă, acrobatică, balet-dans etc.) (vezi mai departe).

Cu toată această dezvoltare impresionantă a kinetologiei ca disciplină ea nu a depăşit bariera universitară generală medicală. Nu a devenit şi disciplină de studiu în facultăţile de medicină de peste tot.

În ultimii câţiva ani, această problemă a devenit subiect de discuţii în multe universităţi americane. Punctul de plecare îmi permit să-l consider nu numai real, dar şi logic.

Aşa cum se ştie, peste 70% din decese (ca să nu vorbim şi de morbiditatea cu handicap) se datorează unui grup de „killeri", de boli „criminale", cum sunt considerate: bolile de inimă, cancerul, accidentul vascular cerebral, hipertensiunea, bronhopneumopatia obstructivă cronică, diabetul, osteoporoza (prin complicaţiile ei). La toate acestea, se adaugă încă câteva stări patologice cu mare potenţial de degradare patomorfofuncţională: obezitatea, dislipidemia, depresia şi artropatiile.

Discuţia universitară de care aminteam mai sus pleacă de la o realitate şi anume că pentru toate aceste boli există 2 tipuri de tratamente de bază:

1. medicaţia;
2. kinetoterapia;

la care se poate adăuga în unele situaţii

3. chirurgia, dar urmată obligatoriu de kinetoterapie.

Cu toată această realitate recunoscută, studenţii în medicină urmează timp de 1 an de zile cursurile de farmacologie dar nici o oră de kinetoterapie.

Ceva mai mult, este cunoscut faptul că multe efecte ale exerciţiilor terapeutice nu le regăsim la alte tipuri de tratament. Să amintim câteva:

- creşterea nivelului de fitness;
- scăderea stresului;
- apariţia senzaţiei „de bine" resimţită numai după kinetoterapie;
- ameliorarea cogniţiei;
- oprirea apariţiei şi evoluţiei sindromului de decondiţionare al bătrânului;
- armonizarea creşterii şi dezvoltării copiilor;
- scăderea sindromului algic;
- etc.

Toate acestea, fără să mai amintim de efectele specifice bine cunoscute ale kinetoterapiei asupra forţei şi anduranţei musculare, asupra flexibilităţii articulare, asupra coordonării şi echilibrului, asupra respiraţiei şi toleranţei la efort etc.

2.2. *EVALUAREA ÎN KINESIOLOGIE*

După cum se arăta ceva mai înainte, evaluarea face parte integrantă din kinesiologie. În această monografie există un capitol special consacrat acestei probleme. Aici dorim să punctăm doar câteva aspecte generale. Fără a

avea pretenţia că dorim să impunem o definiţie proprie pentru evaluare este corect să considerăm că *„evaluarea este modalitatea de apreciere cât mai corectă a unei situaţii atât din punct de vedere calitativ (adică al catalogării ei), cât şi din punct de vedere cantitativ (adică al gradului de mărime-intensitate-importanţă etc.)"*.

Se poate spune că munca kinetoterapeutului începe cu „evaluarea", se continuă pe parcursul programului instituit cu „evaluarea" şi se termină cu „evaluarea" în momentul încheierii programului kinetoterapic.

Îmi permit să fac o apreciere negativă asupra raportului între problema evaluării şi activitatea practică profesională a kinetoterapeuţilor. Până foarte de curând (deşi nici azi în mod mulţumitor), kinetoterapeuţii au neglijat evaluarea completă, serioasă, pe baza căreia să-şi construiască programul kinetic pentru pacienţi. Această eroare a costat mult poziţia kinetoterapiei în confruntarea din domeniul asistenţei de recuperare medicală cu terapia ocupaţională care a înţeles mai repede importanţa evaluării şi şi-a apropiat-o, a dezvoltat-o şi se bazează pe rezultatele ei pentru orice program de recuperare.

În medicină, evaluarea precizează:

– starea de sănătate sau de boală;

– gradul în care un organ sau o funcţie se abate de la normal, cuantificând prin teste specifice această abatere;

– modul în care evoluează în timp o stare patologică (se menţine? retrocedează? se agravează?);

– modul în care răspunde la un tratament o disfuncţie;

– capacitatea de muncă sau de autoîngrijire;

– capacităţile vocaţionale.

La toate acestea, pentru kinetoterapeut, se adaugă importanţa evaluării pentru întocmirea unui corect program kinetic de lucru, căci evaluarea stabileşte:

– obiectivele programului;

– tehnicile şi metodele ce vor fi utilizate;

– priorităţile de lucru;

– durata programelor;

– eficienţa programului aplicat;

– necesitatea modificărilor în programul kinetic.

Evaluarea – deşi face parte din bazele teoretice ale kinetologiei – merită o monografie separată. Până la apariţia unei astfel de monografii s-a introdus un capitol în această lucrare cu câteva din problemele mai importante ale evaluării.

2.3. KINETOLOGIA = ACTIVITATE FIZICĂ

Această egalitate din subtitlu, cu aspect evident de truism, are însă semnificaţii deosebite pe care merită să le discutăm. Ambele noţiuni poartă

în esenţa lor ideea de „mişcare". Kinetologia însă nu acoperă toată aria noţiunii de „activitate fizică" şi nici aceasta, evident, nu se rezumă doar la kinetologie. De aici reiese faptul că noţiunea cea mai generală ca sens este cea de „activitate fizică".

De fapt, în acest context, rezidă o serie de confuzii şi interpretări greşite (voite sau nevoite) de a amesteca diversele domenii ale cunoaşterii şi practicii umane. Cea mai importantă şi cu urmări nefericite este apropierea, mult prea mult, în domeniul învăţământului şi practicii a educaţiei fizice şi sportului de kinetologie (kinetoterapie). Dacă aceste domenii se întâlnesc pe unele paliere ale noţiunii generale de „activitate fizică", ele sunt complet separate în ceea ce priveşte obiectivele de bază şi practica de lucru.

Să analizăm pe scurt aceste aspecte. Activitatea fizică, ca noţiune general biologică traducând „mişcarea", poate fi analizată pe linie *filogenetică* în raport cu *scopul ei*. Există 3 tipuri de activităţi fizice de bază care au evoluat filogenetic în milioane de ani. Acestea sunt:

1. ***Postura,*** adică activitatea fizică prin care se menţine poziţia unui corp, raportul acestuia cu mediul şi raportul între componentele (segmentele) corpului. Să exemplificăm, pentru a înţelege, diferenţele între: târâtoare, zburătoare, patrupede, bipede etc.

2. ***Locomoţie*** este activitatea fizică care schimbă permanent raportul între corp şi mediul înconjurător. Modalităţile sunt multiple, de la locomoţia amoebei, a melcului, până la alergatul ghepardului, zborul păsărilor, înotul peştilor sau mersul, dar şi activităţi fizice ca: săritul, rostogolitul etc.

3. ***Manipularea*** este activitatea fizică care permite mobilizarea sau/şi utilizarea obiectelor din mediu, conştient sau nu, ceea ce într-o anumită măsură modifică însăşi configuraţia mediului.

Desigur că prehensiunea ca achiziţie evolutivă „de ultimă oră" a reprezentat dezvoltarea extraordinară a activităţii fizice de manipulare. Să nu se considere însă că manipularea a apărut odată cu prehensiunea. Păsările care îşi fac cuiburi, rozătoarele care îşi fac galerii în pământ, ierbivorele care distrug frunzişul copacilor şi ierburile savanelor etc. sunt tot atâtea activităţi fizice manipulative ale mediului.

Nu este desigur necesar să arătăm că omul se înscrie la nivelul superior al dezvoltării filogenetice pe toate cele 3 tipuri de activităţi fizice. Sub acest raport, zestrea aceasta filogenetică de activităţi fizice este comună pentru toate ştiinţele şi specialităţile care au tangenţă cu aceste aspecte cum ar fi kinetologia, educaţia fizică şi sportul, antropologia, zoologia, entomologia etc.

Pentru a completa însă procesele filogenetice ale activităţii fizice ar trebui să adăugăm încă unul:

4. ***Comunicarea,*** adică activităţile care au ca obiectiv transmiterea de informaţii între fiinţele vii, indiferent pe ce cale (vorbit, gesturi, scris, sunete etc.). Comunicarea nu trebuie considerată ca fiind prezentă doar la om

căci, aşa cum se ştie, ea este prezentă la foarte multe specii, unele chiar relativ inferioare.

Activitatea fizică trebuie analizată şi sub aspect *ontogenetic* pe de o parte sub raport biologic al dezvoltării ei, iar pe de altă parte, în contextul social uman.

Analiza ortogenetică biologică a activităţii fizice este o problemă medicală şi implicit kinesiologică. Ea cuprinde etapele de dezvoltare a celor 4 etape prin care trece copilul de la naştere până la dezvoltarea lui completă:

a) mobilitate
b) stabilitate
c) mobilitate controlată
d) abilitate.

Ceva mai mult, o serie de boli neurologice pot arunca un pacient pe oricare etapă precoce a acestei dezvoltări de la care kinetologia urmează să-l readucă cât mai aproape de starea normală iniţială.

Nu insistăm aici asupra acestor etape de dezvoltare ontogenetică a activităţilor fizice ale omului deoarece ele fac subiectul câtorva abordări amănunţite în această monografie.

Celălalt context ontogenetic al dezvoltării activităţilor fizice, social-umane, se referă la o serie de activităţi fizice tipic umane, cum ar fi:

– activităţile uzuale ale vieţii (ADL-*Activities of Daily Living*);
– jocuri;
– dansul;
– sportul;
– activităţile de muncă;
– activităţile expresive (pictură, desen, sculptură, modelaj etc.);
– transporturi;
– activităţi militare şi de luptă;
– etc.

Această categorie de activităţi fizice pe drept este revendicată de câteva domenii profesionale: Educaţia fizică şi sportul; Igiena muncii; Igiena comunală; Recuperarea vocaţională; Expertiza capacităţii de muncă; Kinetologia; Medicina în general; Terapia ocupaţională; Arta dansului; Arta militară etc.

2.4. KINESIOLOGIA ŞI BOALA

Implicarea kinetologiei în toate aspectele activităţilor fizice umane descrise mai sus se realizează alături sau independent de alte ştiinţe, discipline sau profesii.

Dintre ştiinţele care studiază şi ele mişcarea, kinetologia se detaşează definitoriu prin elementul esenţial propriu al kinetologiei, *boala*, element care face din kinetologie în primul rând o *specialitate medicală*.

Kinetologia abordează boala în întreitul aspect de asistenţă a ei:

1. În perspectiva (probabilitatea) bolii, adică ca asistenţă profilactică de gradele 1 şi 2 (kinetoprofilaxia);
2. În desfăşurarea bolii, adică ca asistenţă terapeutică (kinetoterapia);
3. În evoluţia cronică şi sechelară a bolilor şi traumatismelor adică ca asistenţă de recuperare medicală (kineto de recuperare).

Ca denumire generică în acţiunea de asistenţă medicală se utilizează termenul de „kinetoterapie" pentru toate cele 3 tipuri de „medicini": medicina profilactică, medicina terapeutică şi medicina recuperatorie (termeni agreaţi de OMS – Organizaţia Mondială a Sănătăţii).

Boala, ca element esenţial pentru activitatea kinetoterapeutului, deschide multiple capitole în toate cele 3 componente ale kinetologiei (ca ştiinţă, ca disciplină, ca profesie).

Kinetoterapeutul trebuie să abordeze studiul bolii sub aproape toate aspectele ei:

– factorii de risc, factorii declanşatori şi cei agravanţi;
– mecanismele fiziopatologice care stau la baza semnelor bolii;
– tabloul clinic;
– modalităţile de evoluţie (complicaţii, sechele, căile de vindecare-ameliorare);
– principiile terapeutice;
– modalităţile de acţiune ale kinetoterapiei asupra bolii (indicaţii, contraindicaţii, incidente posibile).

În multe stări patologice kinetoterapeutul a devenit o prezenţă obligatorie, dacă nu se vrea să se mimeze tratamentul respectivelor boli. Din păcate, trebuie să recunoaştem că există încă o slabă percepţie a acestui adevăr în cadrul unei părţi a corpului medical de la noi. Şi aceasta într-un moment în care direcţiile preocupării medicinei în viitor solicită tot mai mult prezenţa terapiei prin mişcare. Ar fi suficient să amintim aici doar 2 principale direcţii: recuperarea funcţională şi profilaxia. Recuperarea care, în ultimii ani, este adusă până şi la patul bolnavului cu insuficienţă cardiacă acută, sau cu transplant de cord, iar profilaxia care s-a integrat conceptului de „nou stil de viaţă" ce se bazează pe cei 3 piloni esenţiali: mişcarea, alimentaţia şi lupta antistres (aceasta la rândul ei având în mişcare o componentă importantă).

Relaţia între boală şi kinesiologie a creat unele grupări taxonomice ale acesteia din urmă.

Astfel pe baza criteriului „*patologie*" vorbim despre:

– kinetoterapia în bolile reumatice;
– kinetoterapia în bolile neurologice;
– kinetoterapia în bolile respiratorii;
– kinetoterapia în bolile cardiovasculare;
– kinetoterapia în bolile psihice;
– kinetoterapia în sechelele posttraumatice;
– etc.

Cu referire la „*obiectivele fiziopatologice*“ considerăm:
- kinetoterapia de mobilitate articulară (de flexibilitate);
- kinetoterapia de tonifiere musculară (de forţă);
- kinetoterapia de creşterea anduranţei musculare;
- kinetoterapia de coordonare şi echilibru;
- kinetoterapia de antrenare la efort;
- kinetoterapia de relaxare;
- kinetoterapia posturală;
- etc.

Există şi alte criterii pentru clasificarea kinetoterapiei care nu sunt legate de boală direct, ci mai curând de unele situaţii speciale. Astfel avem:
- kinetoterapia la vârstnici;
- kinetoterapia în pediatrie;
- kinetoterapia copilului şcolar;
- kinetoterapia la gravide;
- kinetoterapia la climax;
- etc.

Sau o clasificare după locul de muncă şi a amenajărilor kinetice, cum ar fi:
- kinetoterapie la sala kineto;
- kinetoterapie la domiciliul pacientului;
- kinetoterapie la patul bolnavului;
- kinetoterapie în aer liber sau parcuri terapeutice;
- kinetoterapie în bazine, căzi (hidrokinetoterapie);
- etc.

2.5. TENDINŢE MODERNE ÎN KINESIOLOGIE

Fiind cea mai reprezentativă şi complexă specialitate care abordează activitatea fizică (mişcarea) atât la indivizi sănătoşi cât şi la cei cu infirmităţi, incapacităţi sau/şi handicapuri (a se vedea descrierea acestor noţiuni la capitolul despre Evaluare), kinesiologia şi-a dezvoltat o serie de abordări interdisciplinare pe problema „mişcării“. Iată câteva aspecte pe această linie interdisciplinară:

a) ***„Mişcarea“ şi ştiinţele biologice***

Se acordă o tot mai largă importanţă studierii aprofundate a „fiziologiei exerciţiilor terapeutice“ cu abordarea problemelor de „biochimie a mişcării“, mergându-se chiar până la nivel celular sau molecular.

b) ***„Mişcarea“ şi coordonare-echilibru***

Este vorba de o direcţie nouă de studiu pentru situaţii speciale în care se cer calităţi deosebite ale proceselor de coordonare, abilitate şi echilibru. Astfel de cerinţe le găsim la circari, balerini, gimnaşti, instrumentişti (vio-

lonişti, pianişti etc.), alpinişti etc. adică profesionişti, performeuri, ai celor mai elaborate „mişcări“.

În aceste aspecte, se analizează componentele fizice, neurofiziologice, psihologice, ca şi efectele perturbărilor ce pot apărea, precum şi modalităţile de rezolvare.

c) ***Mişcarea ca element de legătură în dualismul (cartezian) „corp“ şi „minte“***

Analiza influenţei mişcării asupra cogniţiei, asupra psihicului, pe de o parte, iar pe de alta conţinutul psihologic şi filosofic al mişcării au dezvoltat o direcţie de studiu deosebit de interesantă în care îşi află locul noţiuni ca: motivaţie, etică, personalitate, estetică, credinţă etc.

Trebuie remarcat că acest aspect destul de neglijat de kinetologie a reprezentat de peste un secol baza conceptului holistic al Terapiei Ocupaţionale, adică conceptul unităţii fizice şi psihice pe baza căruia se realizau programele de asistenţă ale Terapiei Ocupaţionale.

Iată că, în prezent, kinetologia îşi repară eroarea deschizând un capitol interdisciplinar al „mişcării“ ca element de conexiune între „corp“ şi „minte“.

d) ***„Mişcarea“ în contextul societăţii şi culturii***

Este o componentă foarte largă a raporturilor interdisciplinare a activităţii fizice de care s-a mai amintit. Aici intră activitatea sportivă (mai ales ca preocupare socio-culturală); de asemenea jocurile, dansul etc., iar în ultimul timp îşi face tot mai mult loc preocuparea pentru „stilul de viaţă“ pentru nivelul de fitness.

Tot în acest capitol al interdisciplinarităţii intră studiul modului de a se atinge „performanţa“ la profesioniştii mişcării dar şi a modului de a câştiga performanţă psihică.

e) ***„Mişcarea“ şi medicina***

Acest gen de interferenţă a fost deja discutat mai înainte şi nu mai revenim.

Ce reprezintă în fond aceste interferenţe ale „mişcării“ şi în ce mod kinetologia este atrasă în aceste direcţii?

În cele de mai sus, s-a putut vedea cu uşurinţă multitudinea de activităţi umane care au la bază ca element esenţial „mişcarea“. Empirismul şi diletantismul în practicarea acestor activităţi umane a dispărut sau este pe cale să dispară, considerându-se că în lumea modernă orice activitate poate beneficia de pregătire corectă şi eficientă.

Treptat, acest rol de educare şi pregătire a fost preluat în special de kinetologie ca „ştiinţă a mişcării“ şi dus la îndeplinire de kinetoterapeuţi, dar după o pregătire specială a acestora. Aşa au apărut mai ales în Statele Unite cursuri de perfecţionare pe câte o problemă de mai sus, masterate, doctorate, specializări.

Toată această activitate şi efort de diversificare a pregătirii kinetoterapeutului pentru a prelua la rândul lui pregătirea celor interesaţi în domeni-

ile arătate mai sus a determinat un impact deosebit asupra componentei de „profesie" a kinetologiei căci au apărut astfel o serie de locuri de muncă noi pentru kinetoterapeut cum ar fi: în cluburi sportive, în armată, în centre de cercetare, în şcoli obişnuite sau şcoli speciale (de artă, de acrobaţie, de handicapaţi, de dans etc.), în centre de sănătate mintală, cluburi de fitness, centre de sănătate comunitară etc. şi bineînţeles în toate tipurile de unităţi medicale.

2.6. *PROBLEME DE TERMINOLOGIE*

Considerăm că este necesar să stabilim unele realităţi asupra terminologiei specialităţii care continuă să circule pe bază de tradiţie în ţara noastră. Incontestabil că, aliniindu-ne la terminologia utilizată în ţările dezvoltate, vom vorbi despre kinetologie-kinesiologie, respectiv despre kinetoterapeut-kinesiterapeut.

Totuşi se continuă utilizarea termenului de „*gimnastică*". Este un termen foarte vechi, utilizat de multe sute de ani (vezi capitolul despre istoria kinetologiei), argument oricând valabil pentru a continua să-l utilizăm.

Definirea termenului de „gimnastică", în DEX, este = „ansamblu de exerciţii fizice care contribuie la dezvoltarea armonioasă a corpului omenesc, la corectarea unor deficienţe, sau constituie o ramură sportivă". Această definiţie conduce la 4 concluzii:

– gimnastica nu reprezintă decât partea de „practică" a kinetologiei;

– gimnastica conţine obiectivul profilactic (parţial) şi eventual de recuperare, neimplicându-se în aspecte terapeutice şi nici de profilaxie de gradul 1 sau 2 pentru diverse boli. Cu alte cuvinte se suprapune parţial peste kinetologia medicală. Oricum, a utiliza denumirea de „gimnastică medicală" devine o tautologie;

– gimnastica este şi un termen utilizat şi într-un domeniu (sportiv) care nu are nici un fel de contingenţă cu kinetologia;

– practicantul gimnasticii este „gimnastul" care se referă doar la cel de-al doilea înţeles, neavând nici o legătură cu practicantul kinetologiei, kinetoterapeutul. Aceeaşi observaţie şi pentru profesionistul denumit „profesor de gimnastică". Deci termenul de gimnastică nu oferă un termen derivat pentru profesionistul care aplică în scop medical exerciţiul fizic.

Cred că sunt suficiente aceste argumente să nu mai punem semnul egalităţii între kinetologie şi gimnastică (medicală).

Termenul eventual mai poate circula în mediul şcolar paralel cu cel de „educaţie fizică" (vezi mai jos) sau în mediul celor care urmează programe de pregătire fizică generală.

În mediul medical academic, termenul este depăşit, eventual mai putând fi utilizat, cu licenţă, pentru bolnavii cu o cultură medie sau submedie.

În schimb, în domeniul sportului, termenul îşi păstrează pe mai departe toate drepturile de a fi utilizat.

Educaţia fizică este un alt termen larg răspândit, cu destulă vechime, şi care de aproximativ 30-40 de ani a lăsat locul celui de *cultură fizică*, ambii aceşti termeni definindu-se foarte asemănător.

Tot după DEX, educaţie fizică înseamnă: „ansamblul de măsuri care au ca scop asigurarea dezvoltării fizice armonioase a oamenilor, întărirea sănătăţii, formarea şi perfecţionarea cunoştinţelor, priceperii şi deprinderilor de mişcare necesare atât pentru muncă, cât şi pentru activitatea sportivă".

Cultura fizică este = „dezvoltarea armonioasă a corpului prin sport şi gimnastică, atât pentru întărirea şi menţinerea sănătăţii, cât şi pentru formarea calităţilor fizice necesare în muncă, sport etc., la care se adaugă baza materială, cercetarea ştiinţifică, procesul de formare al specialiştilor; disciplina care se ocupă cu această dezvoltare: educaţia fizică".

Lăsând la o parte unele inadvertenţe ale acestor definiţii, ele sunt foarte apropiate ca esenţă cu gimnastica, accentuând însă şi mai mult lipsa oricărei legături cu omul bolnav şi cu tratarea lui. Din acest motiv, cu câteva decenii în urmă, pentru a crea un specialist al „mişcării" util sectorului medical, s-a ataşat cuvântul „medicală" culturii fizice („Cultură Fizică Medicală") realizând astfel şi profesionistul în materie: „Profesorul de CFM" care, timp de 30 de ani, a activat ca un real kinetoterapeut.

Datorită unor condiţii conjuncturale, a apărut la noi în ţară şi Medicina Culturii Fizice, de fapt specialitatea medicală a domeniului sportiv pentru a înlocui termenul de Medicină Sportivă.

Asupra acestor termeni nu este cazul de a face comentarii deoarece domeniul ei nu interferează kinetologia, aceasta reprezentând însă un mijloc de bază în asistarea sportivilor cu patologie specifică, ca şi în pregătirea generală a sportivilor de performanţă sau amatori aşa cum se arăta ceva mai sus.

În concluzie cred că ar trebui să generalizăm termenii de kinetologie şi kinetoterapeut, cu varianta kinesiologie şi kinesioterapeut, pentru a nu se mai crea confuzii care uneori pot aduce prejudicii serioase atât teoretice, cât şi organizatoro-administrative.

Capitolul 3

STRUCTURA ŞI ORGANIZAREA „SISTEMULUI ARTICULAR SINGULAR“

3.1. *OSUL* 33
- 3.1.1. **Raportul între patologia osului şi kinetoterapie** 36
- 3.1.2. **Repararea osului** 37

3.2. *CARTILAJUL* 40
- 3.2.1. **Raportul între patologia cartilajului şi kinetoterapie** 42

3.3. *ARTICULAŢIA* 42
- 3.3.1. **Raportul între patologia articulară şi kinetoterapie** 48

3.4. *TENDONUL ŞI LIGAMENTUL* 49
- 3.4.1. **Repararea tendonului şi ligamentului** 53
- 3.4.2. **Raportul între patologia tendo-ligamentară şi kinetoterapie** 54

3.5. *MUŞCHIUL* 55
- 3.5.1. **Repararea muşchiului** 66
- 3.5.2. **Raportul între patologia muşchiului şi kinetoterapie** 67

3.6. *NERVUL* 68
- 3.6.1. **Celula nervoasă** 68
- 3.6.2. **Repararea nervului** 75
- 3.6.3. **Raportul între patologia nervului şi kinetoterapie** .. 77

3.7. *RECEPTORUL SENSITIV* 77
- 3.7.1. **Fusul muscular** 78
- 3.7.2. **Organul de tendon (Golgi)** 81
- 3.7.3. **Receptorii articulari** 81
- 3.7.4. **Mecanoceptorii cutanaţi** ... 82
- 3.7.5. **Raportul între patologia receptorului sensitiv şi kinetoterapie** 83

Aparatul kinetic, aparatul locomotor, sistemul musculo-scheletal, sistemul neuro-musculo-articular etc. sunt denumiri întâlnite în literatura de specialitate care evident se referă la acelaşi lucru, adică la totalitatea structurilor care iau parte într-o formă sau alta la „mişcare“; mişcarea unui segment sau mişcarea întregului corp.

În mod foarte corect nu se poate vorbi de o „unitate morfofuncţională“ a aparatului kinetic – datorită implicării unor multiple sisteme şi structuri în actul mişcării. Totuşi este evident că aparatul kinetic poate fi considerat că este format din 3 mari componente:

– sistemul nervos care asigură comanda pe baza informaţiilor aferente;

– sistemul muscular care primeşte comanda şi realizează forţa motrică a mişcării;

– sistemul articular care segmentează corpul permiţând mişcarea în anumite limite şi direcţii.

Se ştie prea bine că, în procesul fiziologic al mişcării, cele 3 sisteme de mai sus sunt sub influenţa mai mare sau mai mică a multor altor sisteme şi structuri. Iată câteva exemple: funcţionarea normală a aparatului cardio-vascular şi respirator este o condiţie de bază pentru o kinetică fiziologică influenţând direct funcţia sistemului nervos şi muscular.

Ţesutul moale (piele, fascii, aponevroze, ţesut grăsos) poate bloca în anumite situaţii patologice mobilitatea articulaţiei.

Studierea componentelor aparatului kinetic se poate face în diverse moduri. Noi vom prefera să plecăm de la componenta „vizibilă“ a mişcării, respectiv de la articulaţia luată ca element singular. Dintr-un punct de vedere se poate considera că *sistemul articulaţiei singulare* poate fi privit şi ca unitate morfofuncţională a aparatului kinetic.

Structurile sau componentele „sistemului articulaţiei singulare“ sunt: osul, cartilajul, ligamentul, tendonul (care sunt denumite şi *componenta rigidă* articulară), articulaţia sinovială, muşchiul, receptorul sensitiv şi neuronul.

3.1. *OSUL*

Ca element component al aparatului kinetic, osul asigură suportul mecanic şi pârghia oricărui segment care se mişcă.

În afara acestui rol în kinetică osul este un rezervor de ioni activi de calciu şi fosfor precum şi un organ hematopoietic, prin măduva sa.

Osul este format dintr-o matrice de fibre osteo-colagenice (osteoid) (35%) impregnată cu săruri de calciu – în special fosfaţi de Ca^{-} (45%) care determină soliditatea, forţa şi elasticitatea osului. Restul conţinutului este apă (20%).

Unitatea de bază a osului este *Osteon*-ul sau „sistemul haversian“ reprezentat de un canal central care conţine vase şi nervi, înconjurat de straturi concentrice de matrice mineralizată. Osteon-ul are un diametru de 200 µm. Sistemele haversiene se orientează pe baza traiectoriei presiunilor principale exercitate asupra osului.

Osul, cu tot aspectul lui, este un organ într-o continuă remodelare prin 2 procese biologice: de distrugere (prin osteoclaste) şi refăcere (prin osteoblaste). Ambele aceste tipuri de celule îşi au originea în măduva osoasă (osteoclastele din granulocite-macrofage – linia hematopoietică, iar osteoblastele din linia mezenchimală a stromei măduvei osoase), iar procesul de remodelare, fiziologic, începe cu activarea osteoclastelor, a resorbţiei osoase, şi apoi cu activarea osteoblastelor, a formării matricei osului care ulterior se impregnează cu săruri de calciu. Aproximativ 25% din osul trabecular este astfel reformat anual şi doar 3% din osul compact suferă acelaşi proces. Aşadar, în decursul vieţii osul este în permanentă remodelare prin cicluri succesive de resorbţie-reformare. Cu vârsta, cantitatea de os reformat la fiecare ciclu scade, căci formarea osteoblastelor se reduce faţă de necesităţile de re-

formare osoasă. Astfel, la ambele sexe se instalează treptat osteoporoza la un procent de pierdere de 0,3-0,5% pe an începând cu decada a 4-a sau a 5-a. Există o remodelare pozitivă cu apoziţie de os până la 20-25 de ani, apoi un echilibru între pierdere şi formare după care va începe pierderea (fig. 3.1.).

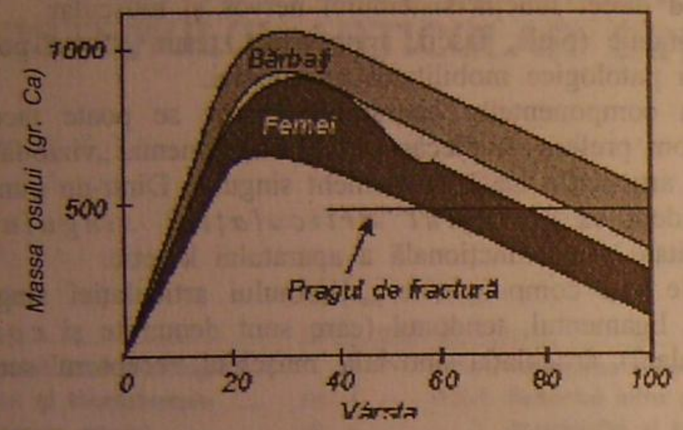


Fig. 3.1. – Evoluţia massei osoase cu vârsta.

Pierderea osoasă după menopauză (sau după castrare la bărbaţi) se face într-un ritm de 10 ori mai mare, având la bază creşterea osteoclastelor, deci creşterea resorbţiei şi nu deficitul de reformare.

Menopauza afectează în principal osul trabecular în timp ce vârsta induce pierdere a osului cortical.

Remodelarea osoasă (adică echilibrul între resorbţie şi formare de os) realizează un tournover complet în aproximativ 10-20 de ani pentru oasele membrelor la adult (Alexander).

Procesele biologice ale osului: de creştere, întărire, resorbţie şi reformare sunt puternic influenţate de activitatea fizică, vârstă, unele boli.

Mişcarea, presiunile în ax sau laterale sunt factori stimulatori ai formării osului prin generarea unui potenţial electric denumit „efect piezoelectric" prin alunecarea (frecarea) fibrelor de colagen osos unele faţă de altele (Basset, Singh şi Katz).

Este cunoscut faptul că lipsa de mişcare, imobilizarea, determină rapid osteoporoză, ca şi călătoriile spaţiale.

Invers, supunerea osului la solicitări mecanice (cele intermitente favorizează mai mult remodelarea decât cele continue), determină creşteri ale massei osoase.

Astfel alergătorii de cros, după 20 de ani de alergare au o densitate osoasă crescută cu 20% la nivelul calcaneului (dar şi a radiusului distal şi a cubitusului) şi doar cu 10% la nivelul coloanei şi capului femural în comparaţie cu persoanele de control de aceeaşi vârstă.

Halterofilii, după 6 ani, au o densitate osoasă crescută în coloana lombară, col femural, mare trohanter dar nu şi în oasele antebraţului (Colletti, Edwards, Gardon, 1989).

În general, aşa cum au demonstrat Beverly, Rider, Evans în 1989, conţinutul mineral al osului creşte notabil (pe osteodensitometrie) după 6 săptămâni de exerciţii fizice.

Aceasta este cea mai importantă concluzie, de reţinut, pentru susţinerea raportului între os şi kinetoterapie.

Osul, deşi nu ne dă deloc impresia, este clasificat printre materialele „fragile" căci este supus la forţe diverse (compresie, încovoiere, tracţiune, torsiune, forfecare) care pot determina ruperea (fractura) căci osul are un coeficient mic de deformare (3%) înainte de a se produce ruperea. Totuşi considerând forţele obişnuite la care este supus osul în cursul vieţii zilnice, există un „factor de siguranţă" între 2-5, adică osul rezistă la mărimi de 2-5 ori mai mari decât aceste forţe obişnuite cotidiene (Alexander, 1984; Biewener, 1991). Depăşirea acestui factor de siguranţă determină fractura. Nu mai insistăm asupra faptului că acest factor este direct proporţional cu densitatea de massă osoasă.

În fig. 3.2 sunt schematizate cele 6 tipuri de forţe la care poate fi supus osul. Forţele de încărcare tind să deformeze osul.

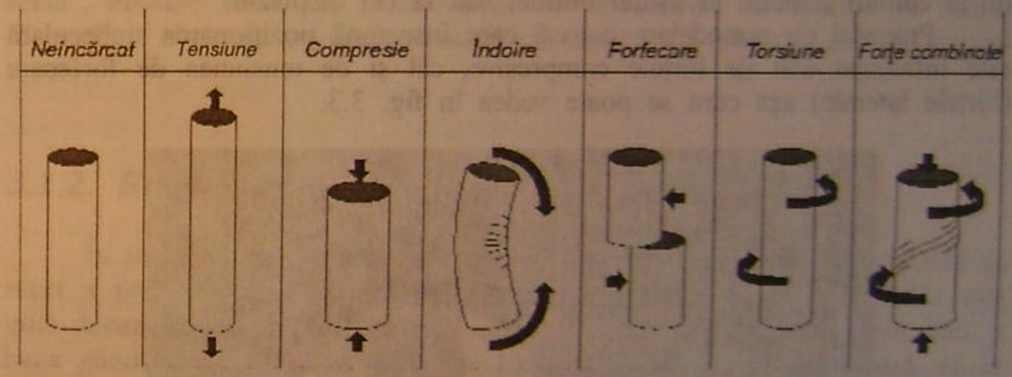


Fig. 3.2. – Modalităţi de presiuni (forţe) exercitate asupra osului.

Massa osoasă (privită ca „material") determină relaţia încărcare/deformare adică relaţia STRESS/STRAIN, denumire ce nu are corespondent precis în româneşte căci $stress$ = forţă/ unitate de suprafaţă şi se măsoară în MPa (megapascali), iar $strain$ = variaţia de deformare (lungime) faţă de iniţial, fiind o cantitate dimensională.

Relaţia stress/strain se va discuta ceva mai departe cu ocazia prezentării altor componente ale articulaţiei singulare. Osul are şi el o astfel de relaţie cu toate componentele ei:

- „punct de cedare" (momentul de stress la care se trece din regim elastic în regim plastic);
- stressul şi strainul ultim;
- curba zonei elastice (modulul elastic);
- curba zonei plastice (modulul plastic);
- valoarea energiei absorbite de os.

Caracteristicile acestei relaţii la nivelul osului sunt aceleaşi ca pentru orice structură conjunctivă articulară (tendon, ligament) bineînţeles la alte valori.

Au fost studiate *in vitro* toate oasele sub raportul rezistenţei lor la diverse forţe de solicitare. Concluziile sunt foarte variate şi nu pot fi cuprinse într-o astfel de lucrare.

Spre exemplu, s-a constatat că femurul are cea mai mare rezistenţă la încărcarea compresivă şi este foarte slab în faţa forţelor de forfecare, iar la tracţiune are o rezistenţă medie. Şi aşa pentru toate oasele (uneori chiar pentru anumite părţi ale oaselor).

Relaţia stress/strain cu variaţia ei, în funcţie de os şi regiune, determină şi variaţia proprietăţilor mecanice ca şi organizarea internă celular osoasă. De altfel, *Legea lui Wolff* caracterizează astfel aceste relaţii: „orice schimbare în funcţia osului este urmată de unele schimbări în arhitectura internă şi conformaţia (aspectul) externă, în concordanţă cu legile matematicii". Schimbarea în funcţia osului înseamnă de fapt schimbare în regimul de solicitare a osului. Exemplul devenit clasic este cel al arhitecturii trabeculelor capului şi colului femural la şoldul normal sau la cel displazic.

Procesul de remodelare osoasă care înseamnă poziţionarea trabeculară este influenţat atât de forţele compresive, cât şi de tensiunea de forfecare (forţele laterale) aşa cum se poate vedea în fig. 3.3.

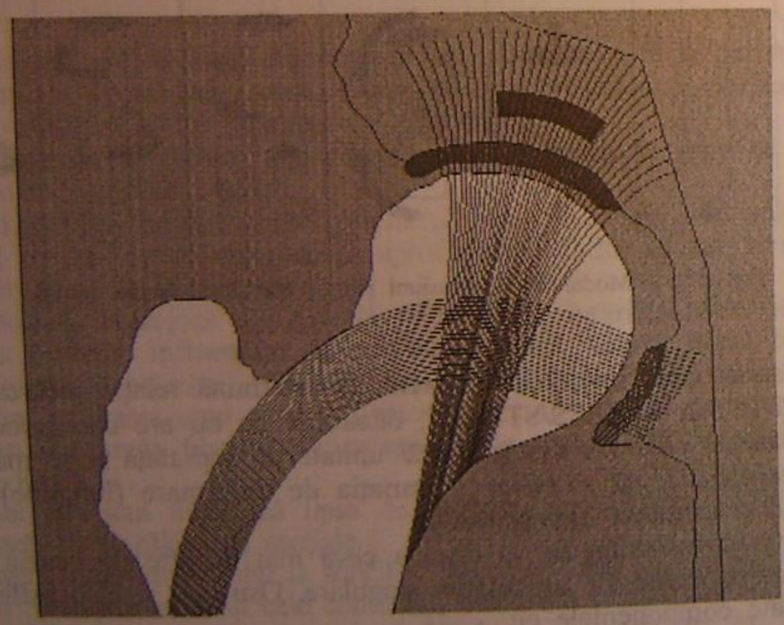


Fig. 3.3. – Arhitectura trabeculară pe direcţiile de forţă compresive (||||) şi de forfecare (≋).

3.1.1. *Raportul între patologia osului şi kinetoterapie*

Implicarea kinetoterapiei în afectarea osului este foarte limitată, osul nefiind o componentă dinamică articulară. Personal am putut descifra 4 direcţii de implicare.

• Una cu caracter profilactico-terapeutic a fost deja semnalată mai sus şi se referă la influenţarea prin exerciţii a massei osoase. Sunt lucrări serioase cu obiectivizare prin osteodensitometrie că exerciţiile de tonifiere a musculaturii paravertebrale la femeile cu osteoporoză vertebrală au determinat după 3-6 luni o creştere netă a densităţii osoase vertebrale.

• A doua reprezintă mult discutatul moment al începerii exerciţiului fizic, respectiv al mersului după o fractură (vezi mai departe).

• A treia se referă la influenţele negative ale kinetoterapiei asupra osului. Este vorba de pericolul unei kinetoterapii intempestive la pacienţii vârstnici osteoporotici (pericol de fractură), de contraindicaţiile mişcării în infecţiile osoase sau de atenţia deosebită dată încărcării prea precoce sau a mobilizării segmentului cu fractură încă incomplet calusată.

• A patra este reprezentată de ceea ce se numeşte „fractura de oboseală", entitate reală dar controversată ca mecanism de apariţie în cadrul căreia însă oboseala musculoarticulară ca rezultat al efortului este de necontestat.

3.1.2. *Repararea osului*

În structurarea şi concepţia acestei monografii consider că abordarea pe scurt a proceselor de reparare a structurilor care participă la mişcare este utilă deoarece completează perfect noţiunile teoretice şi practice care stau la baza gândirii asupra unui program kinetoterapic care se desfăşoară de la apariţia lezională până la vindecarea sau stabilizarea ei.

Se ştie că fiecare ţesut lezat are un proces propriu de „cicatrizare", vindecare, care va determina sau nu „o sechelă" anatomică ce poate fi (sau nu) cauza sechelei funcţionale.

Pentru os leziunea în discuţie este fractura. Trebuie de la început reţinut că *osul este capabil de o regenerare (reparare) completă*.

După fractură se parcurg 5 stadii care conduc la refacerea osului: stadiul de hematom, de proliferare celulară, de calus, de consolidare şi de remodelare.

Într-un focar de fractură pot fi contemporane 2-3 stadii.

1. **Stadiul de hematom.** Denumirea acestui stadiu a rămas de la o concepţie mai veche, căci azi se ştie că hematomul nu este nici necesar, nici semnificativ pentru procesul ulterior de refacere. De fapt necesar este *edemul* care asigură materialul biologic de refacere a osului, asigură continuitatea ţesuturilor şi contactul între marginile osului rupt (multiplicarea celulară nu se poate realiza în spaţii goale), creează mediul în care se va face multiplicarea celulară.

Hematomul, respectiv edemul, provine din focarul de fractură ca şi din leziunile ţesutului moale din jur.

În acest stadiu se produce *moartea tisulară* a capetelor fracturate (prin ischemie locală), osteocitele mor pe o distanţă de câţiva milimetri. De asemenea se produce osteoliză.

2. **Stadiul de proliferare celulară.** Moartea celulară din stadiul anterior declanşează informatic mitozele şi proliferarea celulară. Aceasta se produce în cele 2 locuri formatoare de os adică subperiostal şi subendostal unde se află precursorii osteoblaştilor. Această proliferare celulară formează punţi tisulare între capetele de fractură.

Moartea celulară este semnal nu numai pentru formare celulară, ci şi pentru proliferarea osteoclastelor care vor liza osul mort de la capetele fracturate.

3. **Stadiul de calus** de fapt nu este obligatoriu dacă ar exista o impactare perfectă a focarului de fractură ceea ce ar permite o perfectă vindecare fără calusare. Desigur că în mod curent vindecarea fracturii trece prin stadiul de calus.

Ţesutul proliferat din fiecare fragment atinge un prag de maturare când celulele precursoare dau naştere la osteoblaştii care încep să sintetizeze matricea osoasă (colagen + mucopolizaharide) ce va începe captarea de apatite (săruri de calciu). Acesta este *calusul moale*.

Acest calus obliterează canalul medular.

4. **Stadiul de consolidare** reprezintă transformarea continuă a calusului moale prin apoziţie minerală (calciu) pentru căpătarea unei rezistenţe tot mai bune. Imaginile radiografice semnalează imagistic această transformare.

5. **Stadiul de (re)modelare.** Stadiul anterior se termină cu formarea unui „manşon" care înconjoară osul, canalul medular continuând să fie obliterat. Este un calus cu atât mai hipertrofic cu cât:

- periostul a fost mult decolat;
- a existat un hematom mare;
- imobilizarea a fost instabilă permiţând mici fracturări ale calusului de apoziţie.

Calusul este mic când:

- imobilizarea este fermă;
- focarul de fractură a fost impactat cu presiune (osteosinteză metalică, fixare externă).

Stadiul de modelare reprezintă o suită de procese de resorbţie a calusului cu reformarea osului pe direcţiile de forţă normale care în final refac arhitectura normală a osului. De fapt nu putem vorbi despre o „modelare" unică, ci de secvenţe succesive de „remodelări" până la repararea finală.

Realizarea acestui proces se face prin activitate piezoelectrică care este stimulată de încărcare, exerciţii fizice recuperatorii, mers, stimulare electrică şi magnetică. Activitatea piezoelectrică negativă îndepărtează materialul în exces remodelând osul.

Este o problemă extrem de importantă a kinetoterapiei în cadrul programelor de recuperare a sechelelor de fractură căci fiind prea conservatori

putem întârzia sau chiar compromite procesul de modelare osoasă şi invers, printr-o impetuozitate prea mare putem bloca consolidarea fracturii.

Din păcate, nu există indicatori precişi ai stadiului de consolidare, ai momentului optim de începere a activităţii fizice. Orientarea se face pe un cumul de factori şi bineînţeles pe experienţa medicului. Iată principalii factori de consolidare a unei fracturi:

- Vârsta: durata consolidării creşte cu vârsta;
- Sediul fracturii:
  - oasele spongioase se refac de 2 ori mai repede decât osul compact;
  - zonele osoase bine acoperite de muşchi consolidează mai repede decât cele subcutane sau intraarticulare;
- Aspectul fracturii:
  - cele oblice sau spiralate se refac mai repede decât cele transversale;
  - cele fără deplasare având periostul întreg consolidează de 2 ori mai repede decât cele cu deplasare şi periost decolat;
- Starea de „sănătate" a segmentului fracturii:
  - existenţa tulburărilor de circulaţie locală;
  - osteoporoza locală;
  - infecţia locală;
  - leziunile ţesutului moale supraiacent, toate vor întârzia calusarea.
- Aspecte iatrogene:
  - distanţare prea mare a capetelor de fractură (extensii prelungite);
  - imobilizare imperfectă sau pe durată prea scurtă;
  - materialul de osteosinteză metalică ce inhibă activitatea osteoblastică;
  - interpunerea de ţesut moale între capetele de fractură;
- Starea de sănătate generală a pacientului:
  - boli cronice (metabolice, cardiocirculatorii etc.).

Ca mijloc relativ obiectiv de apreciere este radiografia, computerul tomograf sau rezonanţa magnetică ar putea da aprecieri exacte dar costul acestor ultime examinări este mult prea mare pentru a fi utilizate în acest scop.

Există, pe bază de experienţă clinică, termene variate pentru diverse fracturi, la diverse nivele după care s-ar putea începe încărcarea sau kinetoterapia. Aceste termene sunt doar orientative. Important este ca introducerea activităţii fizice să fie progresivă sub observaţie medicală permanentă putând doar astfel asigura precocitatea necesară începerii kinetoterapiei cu limitarea maximă a eventualelor neplăceri.

3.2. *CARTILAJUL*

Cartilajul care acoperă suprafeţele osoase articulare (diartrozele) este un cartilaj hialin, neted, lucios. Format din matrice şi celule cartilaginoase (condrocite) provenite din celule mezenchimale, care controlează turnoverul matricei prin producerea de colagen, proteoglicani şi enzime care intră în metabolismul cartilajului.

Matricea este constituită din 60-80% apă, colagen (10-20%) şi anume fibre de colagen tip II în mare majoritate, şi proteoglicani (10-15%). Cartilajul conţine şi lipide, dar nu se cunoaşte rolul lor.

Fibrele de colagen împreună cu agregatele de proteoglicani formează reţeaua de bază a matricei.

Proteoglicanii sunt formaţi din subunităţi ale glicosaminoglicanilor (GAG) şi anume condroitin 4 sulfat (scade cu vârsta), condroitin 6 sulfat, keratin sulfat (creşte cu vârsta). GAG + o proteină formează aggrecan proteinglicanul care împreună cu acidul hialuronic formează agregatele de proteinglicani (fig. 3.4).

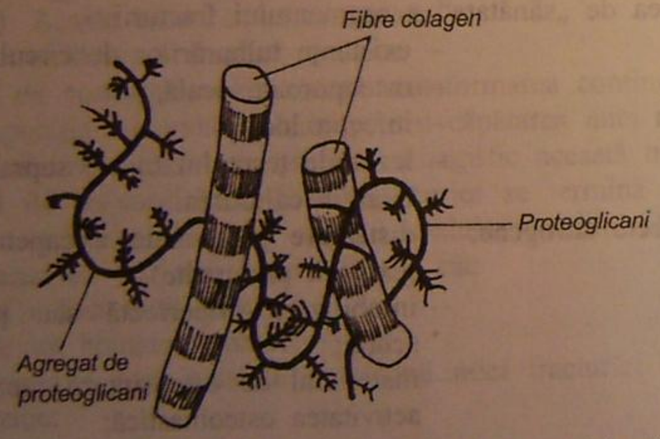


Fig. 3.4. – Complexul fibre colagen-proteoglicani din cartilajul articular.

Cartilajul este un material vâscoelastic adică îşi modifică grosimea când este supus presiunii prin schimbări ale repartiţiei apei conţinute. Cartilajul este lipsit de circulaţie şi inervaţie proprie, ceea ce înseamnă că nu are capacitate de regenerare, iar lezarea lui nu este dureroasă. Cartilajul este cum se spune, aneural, alimfatic, avascular fiind o structură braditrofă dar rezistând la factorii agresivi chiar mai bine decât osul.

Cartilajul, deşi conţine 60-80% apă, rămâne cu o mare afinitate de imbibiţie de apă, proces care stă la baza hranei lui.

Această hrană vine din lichidul sinovial prin mişcarea continuă a apei din interiorul lui, determinată de presiunile şi mobilizarea permanentă la care este supus. De aceea a ajuns aproape o lege că „mobilizarea articulară este necesară vieţii cartilajului".

Hrana cartilajului se face şi din zona osului subcondral căci ar exista o circulaţie hidrică permanentă între aceasta şi cartilaj.

Cartilajul are o lubrificare excepţională care realizează un coeficient de frecare extrem de mic. Pentru comparaţie frecarea pe o suprafaţă metalică lucioasă şi dată cu ulei are un coeficient de frecare de 0,05. O patină neîncărcată, pe gheaţă, realizează 0,03. Frecarea cartilajului are un coeficient de 0,005-0,01. Această lubrificare este realizată în 2 moduri (Mow, Proctor, Kelly, 1989):

a) Prin „lubrificarea de interfaţă" dată de absorbţia glicoproteinei (lubricin) prin suprafaţa cartilajului articular, proces pus în valoare mai ales atunci când contactul suprafeţelor este susţinut printr-o încărcare mare şi pe perioadă mai lungă.

b) Prin filmul fluid lubrificant format din amestecul condromucoproteinei secretată de condrocite şi ac. hialuronic al lichidului sinovial. Acest mod de lubrificare acţionează atunci când încărcarea este mică, dar capetele articulare se mişcă repede.

Acest al 2-lea sistem de lubrificaţie denumit "lubrificaţie hidrodinamică" separă feţele articulare între ele.

Mişcarea capetelor articulare determină forţe de forfecare, forţe laterale, deosebite de cele de încărcare.

Sistemele de lubrefiere au importantul rol de a anihila cea mai mare parte a acestor forţe, mai ales când articulaţia se mişcă fiind încărcată, căci în această conjunctură forţele de forfecare sunt mai mari decât mişcarea articulară liberă de încărcare.

Compresibilitatea şi elasticitatea cartilajului sunt cele 2 proprietăţi care asigură rolul de amortizor pentru osul subiacent. Mişcarea apei în interiorul lui are rolul esenţial. În zona de presiune fluidul este repartizat spre zonele vecine revenind imediat după încetarea presiunii. Dar o presiune care se prelungeşte prea mult face ca fluidul să fie evacuat spre ţesuturi „storcând" de lichid cartilajul presat. O compresie prelungită aduce mari prejudicii hrănirii cartilajului cu grăbirea procesului degenerativ.

Grosimea cartilajului variază între 1-7 mm în funcţie de gradul de congruenţă a suprafeţelor articulare. De ex., în articulaţia gleznei el este mult mai subţire decât la genunchi sau şold. Grosimea şi rezistenţa cartilajului variază cu gradul de încărcare fiind evident mai mare în zonele cu încărcare mai importantă.

În afara mişcărilor realizate de apa din cartilaj, rolul amortizor este dat şi de celulele cartilaginoase răspândite în ochiurile matricei. Se pare că importanţa biologică a condrocitelor este mai ales de a regla tensiunile în massa cartilaginoasă exact pe principiul unor pneuri celulare.

În afară de cartilajul hialin care acoperă capetele osoase articulare, mai există „fibrocartilajul" – o structură relativ diferită prin existenţa unui ţesut fibros cu fibre de colagen tip I (cartilajul hialin având fibre colagen tip II) care prind între ele condrocitele. Această structură mai fibroasă plasează fibrocartilajul în poziţia unei structuri intermediare între cartilaj şi structura tendoligamentară.

Fibrocartilaj găsim la nivelul meniscurilor genunchiului, în zona de sprijin a acoperişului acetabulului, la nivelul legăturii coaste-stern (zona condrală), articulaţia intervertebrală, la nivelul simfizei pubiene, discul intervertebral şi la inserţia tendonului şi ligamentului pe os.

Rolul acestui fibrocartilaj este de a dispersa forţele de tensiune de la aceste nivele, aducând în plus o mai bună flexibilitate a regiunii (torace, pelvis).

Cartilajul durează toată viaţa. *El nu regenerează*. Lezarea lui este ireversibilă, apare o cicatrice conjunctivă (ţesut nediferenţiat) care, chiar dacă ia forma cartilajului, nu are şi proprietăţile de amortizare şi glisare ca ale cartilajului.

Condrocitele distruse nu se mai refac niciodată.

Totuşi, se pare că şi cartilajul are turnoverul lui cu reînnoire, ceea ce ar însemna că celula cartilaginoasă (condrocitul) este activă. Dar deoarece aceste celule sunt aşa de rare şi răspândite, metabolismul cartilajului în integralitatea lui este foarte jos. Cartilajul suferă modificări cu vârsta. Condrocitele nu se mai reproduc, dar cresc în dimensiuni. Proteoglicanii scad şi ca dimensiuni şi ca massă şi, în schimb, creşte keratin sulfatul. Scade conţinutul în apă şi proteine.

3.2.1. *Raportul între patologia cartilajului şi kinetoterapie*

Acest raport se reduce pe trei aspecte:

- Menajarea încărcării articulare (articulaţii portante), când conflictul între încărcare şi rezistenţa cartilajului este deschis indiferent din ce parte. Rezolvarea înseamnă purtarea bastonului, slăbit, evitarea ortostatismului prelungit, a poziţiilor fixe prelungite etc. înainte şi după intervenţiile operatorii corectoare deposturărilor.
- Profilaxia degradării cartilajului prin mobilizări articulare şi scăderea încărcării;
- Consolidarea stabilităţii (congruenţei) articulaţiei prin antrenarea stabilităţii musculare pentru a evita uzura cartilajului la nivelul articulaţiilor instabile.

3.3. *ARTICULAŢIA*

Tratatul de anatomie Testut defineşte articulaţia ca ansamblul elementelor moi prin care se unesc două sau mai multe oase vecine. Aceasta ar însemna: capsulă, ligamente, tendoane, chiar muşchi plus capetele osoase.

Stricto sensum se consideră articulaţie doar spaţiul virtual dintre capetele osoase, spaţiu învelit de capsulă şi sinovie. În acest fel, celelalte structuri (epifize, ligamente, meniscuri, tendoane) se individualizează ca structuri şi funcţii, dar rămânând în cadrul definiţiei cuprinzătoare dată articulaţiei de către Testut.

În corpul uman există 209 oase şi 200 de articulaţii.

Articulaţia are două funcţii:

– permite mişcarea scheletului, a unui segment faţă de altul;
– transmite forţe de la un segment la altul.

Există mai multe clasificări ale articulaţiilor. Cea clasică are la bază modalitatea de unire a capetelor osoase cu diferenţieri ulterioare după forma capetelor osoase.

Pe baza modului de unire există 3 categorii de articulaţii:

1. **Articulaţii fibroase** (sinartroze): unirea se face prin ţesut conjunctiv fibros, strâns, capetele osoase având o congruenţă completă ceea ce practic face să dispară aproape complet orice mişcare (ex. articulaţiile craniului adevărate suturi).

2. **Articulaţiile cartilaginoase** (amfiartroze) unirea făcându-se prin fibrocartilaj şi permiţând o oarecare mişcare.

a) Simfizele (pubiană, intervertebrală (disc), sacroiliacă) fac parte din aceeaşi categorie;
b) Sincondrozele, articulaţiile unite prin cartilaj hialin ca în cazul articulaţiilor ce compun coxalul.

3. **Articulaţiile sinoviale** (diartroze) sunt articulaţii cu cavitate articulară, sinovie şi capsulă, cartilaj articular, având posibilităţi ample de mişcare în mai multe direcţii.

În această a 3-a categorie – care ne interesează cel mai mult în kinetologie – în funcţie de forma capetelor osoase se diferenţiază mai multe tipuri de diartroze:

a) Articulaţii plane (artrodii): ex. articulaţia carpului, tarsului având mişcare mai ales de alunecare;
b) Articulaţii sferoide (enartroze) având un cap osos modelat concav, iar celălalt convex (ex. şold, umăr);
c) Articulaţiile cilindroide sau balamale:
   – trohleară (cot);
   – trohoidă (radiocubitală superioară, atlanto-axis).
d) Articulaţii elipsoide care au condili (ex. genunchi);
e) Articulaţii selare, capul osos având formă concavă într-o direcţie şi convexă în alta (ex. la police trapezometacarpiană).

Mişcarea articulară se realizează în planuri variate („grade de libertate") în funcţie de tipul diartrozei. Din acest punct de vedere, articulaţiile se clasifică în:

- Articulaţii cu 1 grad de libertate (mişcare într-un singur plan) ca articulaţiile de la punctele a, c, d.
- Articulaţii cu 2 grade de libertate (punctul e).
- Articulaţii cu 3 grade de libertate (punctul b).

Există, aşadar, articulaţii care se mişcă de-a lungul unei axe (uniaxiale) sau a mai multor axe (poliaxiale).

Articulaţiile uniaxiale, numite şi „balamale", realizează doar flexia-extensia segmentului distal pe cel proximal. Tip clasic de articulaţie uniaxială este articulaţia interfalangiană, dar şi cotul, genunchiul, metacarpofalan-

gienele etc. Aceste balamale au capetele articulare concave-convexe permiţând alunecarea.

Distanţa între capetele articulare determină gradul de amplitudine de mişcare.

Singurele articulaţii la care nu are importanţă distanţa între capetele osoase sunt articulaţiile cu acţiune de pivot (ex.: capul proximal al radiusului cu humerusul în mişcarea de prono-supinaţie).

În cazul balamalelor cu contact strâns şi suprafeţe plane, mişcarea este foarte limitată ca în cazul articulaţiei intercarpale sau intertarsiene. Articulaţiile poliaxiale denumite şi „bilă şi dulie" sau „ovoide" cum sunt articulaţia şoldului şi umărului permit toate tipurile de mişcări.

Alte articulaţii poliaxiale (ex.: articulaţiile elipsoide) cum sunt cele ale pumnilor permit flexia-extensia, abducţia-adducţia, dar nu şi rotaţia.

În schimb, poate realiza circumducţia prin combinarea celor 4 direcţii de mişcare.

Articulaţia de la baza policelui (articulaţia selară) are de asemenea 2 grade de libertate plus circumducţia.

Lăsând la o parte primele două categorii care nu ridică probleme deosebite de discutat, vom rămâne la cea de a 3-a categorie – diartrozele.

Cele 4 subgrupe ale acestor articulaţii au fost revizuite de Mac Conaill sub aspect anatomo-funcţional şi geometric, concluzia lui fiind:

– nu există nici o suprafaţă osoasă articulară care să fie real plată;

– suprafeţele articulare sunt fie „ovoide", fie „selare". Cele ovoide au un cap concav (considerat „femeia") şi celălalt convex (considerat „bărbatul"). Cele selare (în şa) au cele 2 tipuri de curburi pe un cap osos, ordonate fiecare într-o direcţie.

Desigur că există diferenţe mari în gradul acestor curburi în funcţie de articulaţie.

Plecând de la această realitate geometrică articulară şi analizând mişcările segmentelor prin această prismă, McConaill introduce o nouă terminologie (şi viziune) asupra acestora.

Mişcările voluntare, fiziologice, pe care le putem executa la nivelul articulaţiilor sunt mişcări „oscilatorii" sau „pendulare" (flexie, extensie, abducţie etc.) care se realizează în jurul unor axe mecanice.

În afara acestor mişcări pe care le vedem, există intracapsular o serie de mişcări ale capetelor osoase în raport unul faţă de altul care formează „jocul articular" şi care se produc (sau nu) în momentul mişcărilor oscilatorii.

Aceste mişcări sunt: rularea, alunecarea, răsucirea, compresia şi tracţiunea. Despre aceste mişcări se va discuta pe larg într-un alt capitol, despre mobilitate.

Articulaţia are 2 principale funcţiuni în cadrul aparatului locomotor: stabilitatea şi mobilitatea.

I. ***Stabilitatea*** este o condiţie majoră pentru articulaţiile portante dar bineînţeles este importantă şi pentru articulaţia membrelor superioare. Articulaţia oferă punctul de sprijin pentru a se realiza mişcarea de către levierul-os al unui segment. Pentru articulaţia membrului inferior, datoritã stabilităţii articulare putem menţine ortostatismul şi putem merge.

Stabilitatea are 4 mecanisme principale:

a) forma componentelor osoase articulare;

b) rolul de „frânare" al ligamentelor şi capsulei;

c) activitatea tendomusculară care traversează articulaţia;

d) proprietăţile adezive ale fluidului sinovial reîntărit de presiunea atmosferică.

a) ***Forma capetelor osoase,*** respectiv caracterul congruent articular.

Cu cât o articulaţie este mai congruentă, cu atât este mai stabilă. Congruenţa reprezintă mărimea şi perfecţiunea contactului celor 2 capete articulare prin modelare reciprocă.

Coxofemurala este articulaţia clasică pentru a exemplifica acest mecanism al stabilităţii articulare. În schimb, scapulo-humerala asemănătoare ca arhitectură are o foarte proastă congruenţă, stabilitatea ei fiind determinată de alte mecanisme.

b) ***Frânarea*** mişcării articulare realizată *de ligamente* (şi capsulă) reprezintă pentru majoritatea articulaţiilor mecanismul cel mai eficient al stabilităţii („stabilitate pasivă").

Însăşi raţiunea (funcţia) acestor structuri care se întind de la un os la altul al articulaţiei este acela al stabilizării articulare.

Un element extrem de important este faptul că procesul de „Stabilizare pasivă" realizat de ligamente se face fără consum energetic.

Pentru şold şi genunchi „înlăcătarea" în extensie a acestor articulaţii atât de necesară ortostatismului, realizându-se în mare parte ligamentar economiseşte multă energie.

În contrast cu această realitate, la nivelul şoldului şi genunchiului, ne apar glesna şi piciorul a căror stabilitate se bazează mai ales pe contracţia musculară în ortostatism. Avem astfel cea mai bună explicaţie a caracteristicii musculaturii acestei regiuni care are tendoane foarte lungi cu acţiune de „ligamente" aşa cum se consideră.

Insuficienţa ligamentară slăbind stabilitatea articulară şi permiţând amplitudini de mişcare mai mari determină cu timpul lezarea articulară. Hiperlaxitatea poate fi şi generalizată.

c) ***Musculatura*** realizează „stabilitatea activă". Contracţia musculară înseamnă scurtare musculară, ceea ce va permite tendonului să stabilizeze articulaţia pe direcţia de mişcare articulară. Deci „atela" de stabilizare devine tendonul. Două sunt exemplele clasice care se dau. Pe de-o parte chinga tendinoasă a rotatorilor scapulo-humeralei şi, pe de altă parte, tendonul cvadricepsului cu prelungirea lui rotuliană. Aşa cum se va discuta într-un alt capitol, din energia consumată de contracţia musculară o mare parte (uneori cea mai mare parte) se cheltuieşte în funcţia de stabilizare articulară (prin reali-

zarea forţei „os pe os") şi mai puţin pe mişcarea propriu-zisă articulară generată de muşchi.

d) ***Adezivitatea lichidului sinovial*** este un proces deseori ignorat. Chiar când, spre exemplu, musculatura umărului este relaxată şi membrul atârnă prin gravitaţie de-a lungul corpului nu se produce nici o decoaptare articulară datorită unui proces ca de „lipire" a celor 2 capete osoase articulare.

Elementul de bază este presiunea atmosferică care presează din exterior şi se opune astfel decoaptării (dislocării). Ca aceasta să se producă, ar trebui, deci, o forţă cel puţin egală cu presiunea de o atmosferă pentru decoaptarea humerusului în condiţia în care toţi muşchii umărului ar fi relaxaţi. În acelaşi timp, există un factor de adeziune realizat de lichidul sinovial între cele 2 capete articulare. Adevărata explicaţie a zgomotului pe care îl auzim când ne tracţionăm degetele este tocmai „ruperea" acestei adezivităţi.

Presiunea intraarticulară în repaus este subatmosferică. Orice creştere de lichid articular va duce la creşterea presiunii intraarticulare. Această creştere presională este mult mai rapidă în cazul unei cavităţi sinoviale care şi-a pierdut elasticitatea prin pereţii fibrozaţi de procese inflamatorii cronice (ca în poliartrita reumatoidă).

Într-o articulaţie normală, pe timpul mişcării pe toată amplitudinea, presiunea intraarticulară scade. Într-o articulaţie inflamată, lucrurile se petrec exact invers, presiunea intraarticulară creşte.

Contracţia musculaturii periarticulare este element de bază de creştere a presiunii intraarticulare atingând câteva sute de milimetri Hg.

Presiunile crescute intraarticulare sunt sursă de dureri. Datorită faptului că poziţia de semiflexie reduce tensiunea articulară, există pericolul instalării flexumurilor articulare la pacienţii cu poliartrită reumatoidă căci această poziţie le diminuă durerile.

Atât durerile cât şi deposturarea articulară sunt factori care prejudiciază stabilitatea articulară.

Forţele de încărcare care apar în posturile de sprijin articular nu beneficiază de mecanismul de anihilare aşa cum se întâmplă cu forţele de forfecare datorită lubreficării.

Există însă un sistem de distribuţie şi absorţie a forţelor de încărcare care protejează structurile articulare. Acest sistem este format din: muşchii scheletali, cartilaj şi osul subcondral.

- Muşchiul este cel mai important pentru distribuţia energiei de încărcare. Astfel, în mers, în momentul în care călcâiul izbeşte pământul, toate 3 articulaţiile membrului inferior sunt în flexie, ceea ce înseamnă că musculatura extensoare întinsă preia impactul presiunilor dezvoltate în momentul păşitului. Aceeaşi importantă preluare se realizează în săritură cu articulaţiile flectate comparativ cu o săritură cu membrele inferioare extinse complet când articulaţiile vor primi toată încărcarea.

- Cartilajul – aşa cum am văzut – absoarbe o mare parte din presiunile de încărcare şi, în plus, însăşi grosimea cartilajului este mai mare în zonele de sprijin.
- Osul subcondral – după cum se ştie – are o structură trabeculară. Rostul acestei structuri este de a conferi osului în această zonă proprietăţi flexibile şi elastice. În acest fel, el este capabil de a stoca energie de impact la fel cum funcţionează arcurile de la un fotoliu. Această energie o restituie în momentul când presiunea încetează, aşa cum se comportă şi arcul fotoliului. Spre deosebire de muşchi, care preia şocul presional prin consum energetic, osul subcondral preia presiunea fără consum energetic. Evident că această proprietate a osului subcondral are o capacitate limitată de acţiune.

  În articulaţiile enartrozice (sferoide) osul subcondral al capului articular concav este mai gros decât al capului convex deoarece presiunile sunt mai mari pe capul concav.

II. ***Mobilitatea*** articulară este principala funcţie doar a anumitor articulaţii şi în special a diartrozelor, articulaţiile sinoviale. S-a spus că „mişcarea este viaţa articulaţiei", mai evident însă fiind aserţiunea inversă, adică „imobilizarea înseamnă distrugerea articulaţiei". Încă din uter, absenţa mişcărilor ar duce la o serioasă perturbare a dezvoltării articulaţiei. În orice moment al vieţii, imobilizarea articulară determină leziuni ale cartilajului, cu pierderea proteoglicanilor, apariţia ţesutului fibrogrăsos care umple articulaţia şi care, în timp, prin organizare, blochează definitiv orice mişcare (ankiloză). Propriocepţia este afectată dispărând receptorii articulari.

Ţesuturile periarticulare şi ele suferă printr-un proces de adaptare a lungimii fibrelor de colagen la poziţia de imobilizare.

Asupra noţiunilor legate de mişcarea articulară se va reveni în capitolul despre „Amplitudinea de mişcare", ca şi în cel despre „Elemente de biomecanică".

Capsula articulară este un ţesut conjunctiv fibros în continuarea periostului, prinzându-se ca un manşon de epifize, periost, bureletul fibrocartilaginos, dar nu şi de cartilaj. La articulaţiile foarte mobile capsula se întinde şi câţiva centimetri prinzându-se de metafiză. În anumite zone, capsula este întărită cu structuri fibroase fasciculare („ligamente capsulare") care măresc mult rezistenţa. De altfel între structura ligamentelor şi a capsulei există aproape o identitate. Capsula nu este continuă lăsând unele goluri prin care sinoviala (stratul intern al capsulei) se invaginează sub musculatura periarticulară formând funduri de sac, pungi sinoviale, formaţiuni ce facilitează alunecarea tendomusculară în timpul mişcărilor articulare.

Capsula delimitează cavitatea virtuală articulară (cavitatea sinovială) şi toate structurile care se află în această cavitate reprezintă structuri „intraarticulare" (capetele osoase, ligamente – cum ar fi ligamentul rotund al şoldului sau cele încrucişate ale genunchiului).

Sinoviala este o membrană subţire conjunctivo-histiocitară care tapetează intern capsula continuându-se şi în zonele fără capsulă, în fundurile de

sac (vezi mai sus). Sinoviala acoperă toate structurile spaţiului articular cu excepţia discurilor şi a meniscurilor, oprindu-se la marginea cartilajului.

Sinoviala are 4 tipuri de celule: tip A, celule pentru fagocitoză; tip B, celule asemănătoare fibroblaştilor care produc lichidul sinovial; tip C, celule intermediare şi tip D, celule nediferenţiate cu rol reparator.

Intraarticular sinovia face nişte pliuri bine vascularizate (vilozităţi sinoviale).

Sinoviala ca şi capsula au vascularizaţie şi inervaţie bogată. Circulaţia din sinovie asigură prin dializa plasmei sanguine formarea lichidului sinovial. Receptorii capsulei şi sinovialei sunt proprioceptori importanţi în mecanismul de feedback al controlului motor cum se va discuta într-un alt capitol. Există de asemenea o bogăţie de receptori algogeni ca şi de mecanoceptori.

Ţesutul conjunctivo-histiocitar al sinovialei reacţionează intens prin proliferare în momentul în care articulaţia nu se mobilizează. Acest ţesut tânăr conjunctivo-grăsos care umple articulaţia în perioada de imobilizare se poate organiza ducând la blocare în cazul în care imobilizarea se prelungeşte. Reînceperea precoce a mobilizării articulare determină resorbţia cu dispariţie a acestui ţesut intraarticular.

Deşi membrana sinovială articulară are o serie de funcţii importante (organ proprioceptor şi nociceptor, rol de „curăţire" a articulaţiei prin funcţia macrofagică, fabrică lichidul sinovial, filtru plasmatic) totuşi ea poate fi extirpată (sinovectomii) fără ca ulterior articulaţiile să sufere prea mult. Este adevărat că ea se poate reface (dacă au rămas resturi de sinovială) în câteva luni până la 2 ani.

Lichidul sinovial este un veritabil „ţesut" lichidian (ca şi sângele) căci este format printr-un proces de ultrafiltrare plasmatică la care se asociază o celularitate variată (globule albe, mononucleare, limfocite, fagocite – cca 300/mm^3). Este un lubrifiant ideal aşa cum se arăta mai sus. Lichidul sinovial conţine deci plasmă ultrafiltrată, ac. hialuronic, proteinaze, colagenaze şi prostaglandine. Nu conţine hematii şi nici factori de coagulare. Vâscozitatea lui este dată de ac.hialuronic şi în situaţia scăderii acestuia apare o proastă lubrifiere, rezistenţa intraarticulară la mişcare creşte, cartilajul se uzează. Vârsta şi imobilizarea sunt cauze „fiziologice" ale scăderii lubrifierii existând desigur şi multe alte cauze patologice.

Rolul lichidului sinovial (lubrifiant, nutritiv pentru cartilaj şi cărăuş al detritusurilor articulare) este menţinut de compoziţia lui care se poate degrada în bolile sinovialei.

3.3.1. *Raportul între patologia articulară şi kinetoterapie*

Cavitatea articulară este sediul unor stări patologice variate care vor determina deficit funcţional mai mult sau mai puţin sever respectiv redoare, limitarea mobilităţii articulare, ankiloze la care adăugăm durerea, element cauzal important al disfuncţionalităţii.

Elementele patomorfice intraarticulare generatoare de deficit motor sunt:

– Fractura intraarticulară şi apoi calusul exuberant sau corp străin intraarticular. Acest aspect *nu* are tratament conservator ci *numai* ortopedochirurgical;

– Luxaţia capetelor osoase. Rezolvare de asemenea numai ortopedică;

– Retracţia (contractura) capsulei care compromite jocul articular al capetelor osoase şi în acest fel blochează mişcările oscilatorii ale segmentelor adiacente;

– Inflamaţia (sinovita) în stadiul acut este disfuncţională prin durere. Inflamaţia cronică este distructivă pentru toate structurile intraarticulare inclusiv cartilajul osos. Blocarea mobilităţii este consecinţa durerii (la început) şi mai ales – tardiv – a imposibilităţii alunecării capetelor osoase articulare (lipsa lubrificării, pierderea congruenţei, dezaxări, retractură capsulară, panus invaziv);

– Proliferarea ţesutului fribrogrăsos invadant într-o articulaţie imobilizată timp îndelungat;

– Procesul degenerativ primar, dar mai ales secundar articular.

Obiectivele kinetoterapiei vor fi:

– Menţinerea mobilităţii articulare încă de la începutul procesului patologic (mobilizări pasive cu mâna sau aparate automate, mobilizări autopasive şi active). Stretchingul nu are logică decât în cazul implicării capsulei în deficitul de mobilizare.

– Posturarea de menţinere sau redresare a alinierii segmentelor;

– Mobilizări pasive de refacere a jocului articular;

– Scăderea încărcării (pentru articulaţiile portante).

3.4. *TENDONUL ŞI LIGAMENTUL*

Vom prezenta împreună aceste două structuri datorită faptului că au mai multe elemente comune decât elemente care să le diferenţieze, iar acestea din urmă se datorează funcţiei lor: tendonul leagă muşchiul de os, iar ligamentul leagă os de os, ceea ce determină unele diferenţe în organizarea structurii fibrelor de colagen (fig. 3.5.). Aranjamentul fibrelor colagenice explică de ce tendonul rezistă fără deformare la forţele de tracţiune în ax (forţe declanşate de muşchi) dar se deformează repede la forţele latero-laterale (de forfecare) sau de compresie.

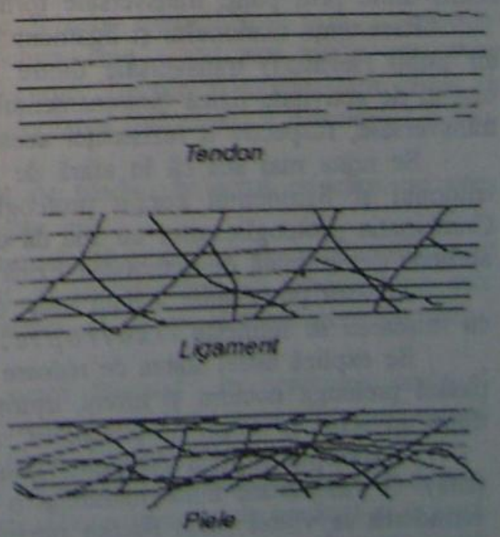


Fig. 3.5 – Orientarea fibrelor de colagen.

Ligamentul care trebuie să stabilizeze articulaţia în diversele ei direcţii de mobilizare nu este deformat de nici o forţă (forfecare, tracţiune sau compresie). Se vede în figură că tendonul are o distribuţie longitudinală a fibrelor colagenice în timp ce ligamentul are fibre aliniate paralel, oblice şi spiralate.

Pentru comparaţie este trecută în figură şi organizarea fibrelor colagenice din piele care explică marea rezistenţă la deformare, supleţea pielii, indiferent de direcţia forţelor aplicate (fibrele colagenice sunt orientate în toate direcţiile).

Ligamentul şi tendonul sunt structuri conjunctive foarte dense, rezistente, formate din: fibre colagenice şi de elastină, proteoglicani, apă şi celule (fibroblaşti) care sintetizează şi secretă proteinele colagenice şi de elastină. Predomină colagenul de tip I cu mare stabilitate şi rezistenţă cca 70-80%).

Fibra de colagen a acestor structuri are cea mai mare rezistenţă, comparabilă cu fibra de oţel pentru un acelaşi diametru.

Fibra tendonului este cea mai lungă fibră din corpul uman, căci ea ia naştere din perimisiumul muşchiului ajungând în structurile osoase profunde.

Structura intimă a tendonului şi ligamentului explică proprietăţile fizice şi respectiv funcţionale ale lor. Vom descrie această structură pornind de la elementele microscopice spre cele macroscopice.

Astfel molecula are 3 lanţuri polipeptidice, formaţiune denumită „tripla spirală". Fiecare lanţ conţine cca 1 000 aminoacizi (proline, hidroproline şi glicine), lanţ denumit „lanţul alfa".

Moleculele colagenice se organizează astfel: 3 molecule aşezate spiralat formează un mic „snop". Trei astfel de „snopuri" se aşază seriat, cap la cap. Cinci astfel de serii se aranjează în paralel, iar ceea ce rezultă reprezintă *„microfibrila"* tendonului sau ligamentului.

Un grup de microfibrile aranjate ca un snop şi care sunt menţinute strâns unite prin punţi transversale formează „fibrila" (fig. 3.6.).

Rezistenţa tendonului şi ligamentului depinde de numărul şi starea acestor punţi (legături) transversale dintre moleculele colagenice. Vârsta, sexul, nivelul de activitate fizică (antrenamentul) determină numărul şi starea punţilor transversale, respectiv a rezistenţei acestor structuri.

Se arăta mai sus că în afară de fibre conjunctive (colagen şi elastină) tendonul şi ligamentul conţin proteoglicani şi apă, matricea extracelulară. Combinaţia proteoglicanilor cu apa dă un gel cu o vâscozitate variabilă, variabilitate determinată de activitatea fizică (mişcarea face să scadă vâscozitatea).

Această proprietate a unui ţesut de a-şi modifica vâscozitatea în raport cu mişcarea se numeşte *tixotropie*.

Se explică astfel starea de redoare resimţită dimineaţa la sculare după repausul prelungit nocturn şi invers, uşurinţa de a executa activităţi ample fizice după un scurt program de „încălzire" adică de mobilizări ample şi repetate.

Tixotropia explică rezistenţa unui ţesut la întinderea lui (cu o viteză dată). O vâscozitate mare înseamnă o rezistenţă mare la stretching. Forţând întinderea la viteză mare riscăm ruperea, dacă ţesutului nu i s-a scăzut vâscozitatea prin exerciţii prealabile de „încălzire".

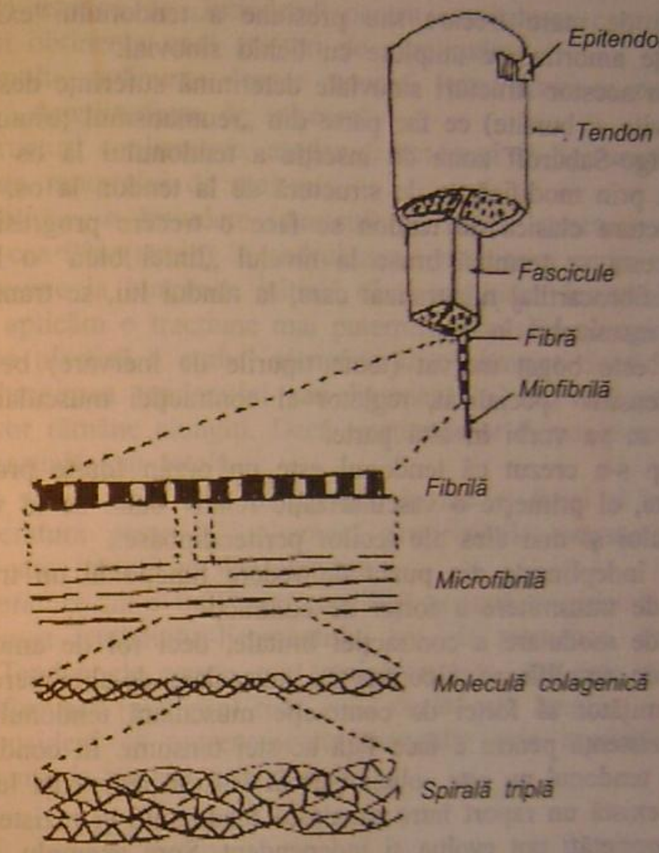


Fig. 3.6. – Structura tendonului (după R. M. Enoka).

Fenomenul de tixotropie poate fi uşor exemplificat prin „comportamentul ketchupului". O sticlă cu ketchup, care a stat mai multe ore, chiar întoarsă cu gura în jos, ketchupul nu curge. Trebuie să agităm bine sticla ca apoi aceasta să curgă uşor din sticlă. Agitarea (mişcarea) a determinat o modificare importantă a vâscozităţii.

Datorită rolului important jucat de tendon în actul mişcării ne vom opri în continuare ceva mai mult asupra lui.

În ultimul timp, au fost puse în evidenţă în corpul tendonului filamente de actină şi miozină ceea ce a făcut să se considere că tendonul nu este doar un transmiţător simplu al contracţiei, ci şi un element activ în lanţul kinetic muşchi – tendon – os.

Tendonul este protejat de o „teacă fibroasă" în porţiunea unde el culiseză în şanţul osos. Această teacă este de fapt un ţesut fibrocartilaginos ce tapisează culisa osoasă şi tavanul fibros al culisei.

Unele tendoane sunt înconjurate de o „teacă sinovială" formată dintr-o foiţă parietală (pe peretele canalului osteofibros traversat de tendon) şi o foiţă viscerală, pe tendon. Între ele se află lichid sinovial. Aceste elemente sunt foarte asemănătoare cu cele similare de la nivelul articulaţiei.

În zonele de mare frecare sau presiune a tendonului există bursele sinoviale, perniţe amortizoare umplute cu lichid sinovial.

Inflamarea acestor structuri sinoviale determină suferinţe destul de frecvente (tenosinovite şi bursite) ce fac parte din „reumatismul ţesutului moale".

După Dolgo-Saburoff zona de inserţie a tendonului la os are o alcătuire particulară prin modificările de structură de la tendon la os. Astfel pornind de la structura clasică de tendon se face o trecere progresivă spre un fibrocartilaj. Acesta se termină brusc la nivelul „liniei bleu" o linie de cimentare a unui fibrocartilaj mineralizat care, la rândul lui, se transformă progresiv aproape insesizabil în os.

Tendonul este bogat inervat (toate tipurile de inervare) beneficiind şi de un aparat sensitiv specializat, reglator al contracţiei musculare (aparatul Golgi) de care se va vorbi în altă parte.

Mult timp s-a crezut că tendonul este un organ foarte prost vascularizat. În realitate, el primeşte o vascularizaţie relativ bună de la vasele muşchiului, periostului şi mai ales ale tecilor peritendinoase.

Tendonul îndeplineşte din punct de vedere funcţional un triplu rol:
- organ de transmitere a forţei de contracţie;
- organ de modulare a contracţiei brutale, deci rol de amortizor;
- organ de amplificare a contracţiei musculare de-abia perceptibilă.

Ca transmiţător al forţei de contracţie musculară tendonul trebuie să aibă o bună rezistenţă pentru a face faţă acestei tensiuni. În condiţii de activitate obişnuită tendonul nu este solicitat decât 1/4 din rezistenţa lui la rupere.

Teoretic există un raport între grosimea tendonului şi rezistenţa lui deşi aceste două proprietăţi pot evolua şi independent. Spre .exemplu, în perioada de creştere, antrenamentul fizic provoacă hipertrofia tendonului. Dar, la vârsta adultă, acelaşi antrenament determină creşterea rezistenţei dar nu şi hipertrofia lui. Paradoxal este şi faptul că denervarea cu amiotrofie determină tot hipertrofie de tendon.

Imobilizarea scade rezistenţa tendonului favorizând ruperea la reluarea activităţii.

Proprietatea biomecanică principală a ţesutului conjunctiv deci şi a tendonului şi ligamentului este valoarea raportului stress/strain variabilă în funcţie de ţesut.

Denumirea de stress/strain se poate traduce cu oarecare aproximaţie ca tensiune (încărcare)/deformare.

Iată adevăratul înţeles al acestor termeni ai raportului: *stress* este „raportul între forţa de tracţiune şi mărimea suprafeţei de secţiune a ţesutului tracţionat", iar *strain* este „raportul între gradul de alungire (deformare) a ţesutului faţă de lungimea iniţială a lui".

O să ne permitem în decursul acestei cărţi să păstrăm exprimarea stress/strain fiind nu numai corectă, dar şi rezumativă şi neavând o exprimare similară românească.

Acest raport se înscrie grafic într-o curbă stress/strain caracteristică fiecărui ţesut, curbă a cărei înţelegere are o mare importanţă în kinetoterapie

şi concret în tehnica de „întindere" pentru combaterea contracturii ţesutului conjunctiv şi obţinerea unei creşteri de amplitudine.

Mai multe amănunte despre raportul stress/strain se pot afla în capitolul despre „Amplitudinea de mişcare".

Ca structuri conjunctive, aşadar şi tendonul şi ligamentul se vor comporta pe baza raportului de mai sus.

O tracţiune, o întindere (stressul) pe aceste structuri va determina o alungire de cca 2% (strain) în cadrul zonei elastice a curbei. Această deformare însă revine la lungimea iniţială când tracţiunea încetează.

Dacă aplicăm o tracţiune mai puternică depăşind alungirea de 2% vom intra în zona plastică a curbei ajungând la o alungire de 4-5%. Întrerupând tracţiunea, lungimea tendonului sau ligamentului nu va reveni la valoarea iniţială, ci vor rămâne alungiţi. Dacă tracţiunea ar fi mai puternică se ajunge la ruptura parţială sau totală.

Curba stress/strain este influenţată de factori fizici şi biologici.

Temperatura peste 37° alterează proprietăţile mecanice, ruptura producându-se cam între 3 şi 4% alungire.

Temperatura între 0-37° nu modifică această proprietate.

Lungimea tendonului-ligamentului are, de asemenea, implicaţii asupra rezistenţei. Tendoanele scurte sunt mai rezistente, dar este adevărat că permit şi o deformare (alungire) mai mică decât cele lungi.

Se consideră că antrenamentul muscular prin exerciţii de anduranţă creşte rezistenţa la rupere a tendonului.

3.4.1. *Repararea tendonului şi ligamentului*

Lezarea tendonului *nu* se vindecă prin regenerare, aşa cum se întâmplă cu osul, ci prin cicatrice fibroasă („calus tendinos") la care participă şi ţesuturile vecine care creează aderenţe peritendinoase ce vor bloca ulterior alunecarea tendonului. Din fericire, aceste aderenţe vor dispărea mai târziu mai ales după reluarea mişcărilor şi contracţiei musculare.

Vindecarea prin cicatrice conjunctivă locală şi invadare conjunctivă din vecinătate este proprie (şi exclusivă) pentru tendoanele cu massă tendinoasă mică şi cu vascularizaţie mai redusă.

Tendoanele mari şi cu circulaţie bogată (tendon ahilian) pot *regenera* prin înmugurire, repararea leziunii făcându-se deci cu material tendinos.

O sutură de tendon sau o grefă de tendon pot reface continuitatea tendonului dacă fibrele au fost puse cap la cap. Rezultatul anatomic poate fi foarte bun dar nu şi cel funcţional care este variabil în funcţie de blocarea alunecării normale.

Repararea tendonului sau ligamentului operat trece prin 3 faze:

– O fază precoce cu invadare celulară fibroblastică care elaborează o nouă matrice.

– O fază de remodelaj cu dezvoltarea fibrelor de colagen ce se orientează în direcţia forţelor de tracţiune. Această fază începe între ziua a 15-a şi a 18-a şi durează 4-6 săptămâni.

O caracteristică este şi apariţia unei bogate vascularizaţii cu proliferare vasculară (condiţie obligatorie a unei refaceri bune).

– Faza terminală în care se continuă sinteza conjunctivă şi organizarea fibrelor cu întărirea lor. Procesul poate dura până la 40 de săptămâni.

Şi în cazul tendonului sau ligamentului, bogăţia vascularizării locale, ca şi forţele tensionale direcţionate, sunt condiţii de bază pentru o cicatrizare funcţională.

Comportament destul de asemănător are şi ligamentul în cazul lezării lui.

Vindecarea spontană a unei rupturi ligamentare se face prin cicatrice conjunctivă (*nu* prin regenerare) mai bogată în ţesut elastic. Mărimea cicatricei ţine de gradul de imobilizare. Această cicatrice va rămâne definitiv locul de slabă rezistenţă pentru noi rupturi.

Vindecarea după ruptura ligamentară, reparată chirurgical (capetele ligamentului puse în contact şi bine imobilizate), este mult mai bună, făcându-se cu o mică cicatrice şi cu un grad important de regenerare.

Rezistenţa locală este recâştigată, aşa că viitoarele rupturi se pot petrece oriunde ca la un ligament indemn.

Atenţie! viteza de vindecare a ligamentului prin cicatrice spontană sau postchirurgicală este aceeaşi, doar calitatea ei diferă.

3.4.2. *Raportul între patologia tendo-ligamentară şi kinetoterapie*

Patologia obişnuită a acestor structuri este cea inflamatorie şi posttraumatică (rupturi parţiale sau totale). Pentru ligamente mai intră în discuţie şi hiperlaxităţile.

Sub raportul mecanismelor fiziopatologice ale acestei patologii generatoare de disfuncţie corectabilă prin kinetoterapie se desprind câteva situaţii.

– Contractura lor, care determină limitarea mobilităţii articulare, necesită tehnici kineto de întindere (stretching) – vezi capitolul respectiv;

– Creşterea rezistenţei tendonului şi ligamentului (profilactic) prin exerciţii fizice, sport în adolescenţă şi ulterior. Cu scop recuperator, acest obiectiv are efecte foarte limitate;

– Pentru reducerea vâscozităţii conjunctive înainte de începerea unui program kinetic special sau înaintea unui program sportiv, aşa-numita „încălzire" (vezi mai sus explicaţiile tixotropiei);

– Suplinirea instabilităţii pasive articulare (hiperlaxitate sau rupturi ligamentare) prin creşterea stabilităţii active dată de forţa şi coordonarea musculară.

O problemă deosebită în suferinţele şi programul kinetic tenoligamentar sunt stările după intervenţiile ortopedochirurgicale ale acestor structuri. În

aceste situaţii, trebuie să se recâştige rezistenţa ligamentelor sau tendoanelor interesate, stabilitatea şi mobilitatea articulaţiei vecine, forţa şi rezistenţa musculară adiacentă. Date despre aceste obiective vor fi reluate la capitolele respective.

3.5. *MUŞCHIUL*

Muşchiul este o structură organică care converteşte energia dinamică derivată din alimente în energie fizică (forţa) devenind astfel elementul motor al mişcării deoarece trece peste articulaţii realizând mişcarea segmentelor (cu excepţia muşchilor faciali).

Cei aproape 430 de muşchi striaţi ai corpului reprezintă 40-45% din greutatea corpului la adultul tânăr (la sugar 20%, la bătrân 25-30%, la sportiv 50%).

Forma şi dimensiunile muşchilor sunt foarte variate în funcţie de regiune şi funcţiune. Există astfel muşchi lungi (membre) şi scurţi (profunzi ai spatelui), muşchi laţi (trunchi-abdomen) şi subţiri sau groşi, muşchi inelari (ai orificiilor).

Există o serie de clasificări ale muşchilor în funcţie de criteriul luat în considerare.

a) După numărul de articulaţii peste care trec:
   - uniarticulari (toţi muşchii scurţi);
   - biarticulari (croitorul, dreptul femural etc.);
   - poliarticulari (flexorii şi extensorii degetelor).

b) După numărul capetelor de origine:
   - mono;
   - biceps;
   - triceps;
   - cvadriceps.

c) După aşezare:
   - superficiali, cutanaţi, pieloşi;
   - profunzi (subfasciali).

d) După modul de grupare a fasciculelor musculare faţă de tendoane:
   - fasciculele musculare se continuă cu tendonul, având aceeaşi direcţie;
   - fasciculele musculare se inseră oblic pe tendon (muşchi penaţi – uni- sau bipenaţi);
   - corpul muşchiului întrerupt de tendon intermediar (muşchi digastrici).

e) După structură şi funcţie:
   - Muşchi tonici: sunt muşchi proximali, antigravitaţionali sar o articulaţie, au tendoane late, au un travaliu puţin intens, se contractă lent, obosesc greu;
   - Muşchi fazici: sunt muşchi superficiali, sar două articulaţii, au tendoane lungi, se contractă rapid, obosesc uşor.

Muşchii au organizare structurală nu numai la nivel microscopic (de care se va vorbi mai departe), ci şi la nivel macroscopic.

Este vorba de aşa-zisa *„arhitectură a muşchiului"* de care depind în mod direct proprietăţile funcţionale ale întregului muşchi şi prin care înţelegem „aranjamentul fibrelor musculare în raport cu axul forţei generate de ele" (sau unghiul între fascicule şi aponevroza muşchiului).

Se descriu trei tipuri arhitecturale:

a) Muşchii cu fibre aranjate paralel sau longitudinal (ex. biceps brahial) în care axa forţei generate este paralelă cu aranjamentul muscular.

b) Muşchi unipenaţi (ex. vastul lateral şi medial) în care fibrele musculare sunt orientate sub un singur unghi faţă de axul forţei generate, unghi ce variază în funcţie de muşchi între 0-30°.

c) Muşchi multipenaţi (ex. fesierul mijlociu, drept femural) cu fibre orientate sub diferite unghiuri faţă de axul forţei generate. Această arhitectură este foarte răspândită în musculatura scheletală.

Efectele arhitecturii musculare asupra funcţiei musculare pot fi rezumate în următoarea frază: „forţa musculară este proporţională cu suprafaţa de secţiune fiziologică (SSF) şi rapiditatea de răspuns a muşchiului este proporţională cu lungimea fibrei musculare".

SSF este suma suprafeţelor fiecărei fibre din muşchi. Se înţelege că această sumă va varia de la muşchi la muşchi, în funcţie de numărul de fibre dar şi de arhitectura lor căci secţiunea poate trece la nivele diferite ale muşchiului neinterferând toate fibrele chiar dacă toate au aceeaşi lungime.

Studii recente (1997) ale cercetătorilor japonezi din Tokio (Fukunaga, Ichinose, Ito etc.) executate pe vastul lateral prin ultrasunet au demonstrat că arhitectura muşchiului (lungimea fibrei şi unghiurile de penaţie) influenţează caracteristicile funcţionale ale muşchiului. Iată rezultatele acestor cercetări.

Dacă extindem pasiv genunchiul pornind de la o flexie de 110° se constată o scurtare a fibrelor musculare de la 133 la 97 mm în medie. Dacă se realizează acelaşi lucru dar muşchiul fiind într-o contracţie izometrică de 10% din contracţia maximă, procesul de scurtare va fi de la 126 la 67 mm.

În prima situaţie scurtarea a fost de 27%, în cel de-al 2-lea de 46%. În acelaşi timp se constată schimbarea şi a unghiului de penaţie care creşte de la 14° la 18°, pentru muşchiul în relaxare şi de la 14° la 21° când muşchiul este contractat.

Se ştie că arhitectura muşchiului influenţează maniera în care forţa musculară este transmisă tendonului şi osului. Astfel, cu cât este mai mare unghiul de penaţie, cu atât muşchiul dezvoltă o forţă mai mică, dar ca valoare absolută această scădere este puţin semnificativă (4-7%). Alţi autori consideră mult mai semnificativ raportul între unghiul de penaţie şi valoarea forţei musculare dezvoltate.

În capitolul despre muşchi ca efector al mişcării se va mai discuta despre rolul arhitecturii musculare în crearea de forţă.

*
* *

Muşchiul este un organ foarte bine vascularizat: 1 mm^2 suprafaţă musculară are 2 000 capilare, lungimea capilarelor în toată massa musculară este de 100 000 km. Această reţea enormă capilară realizează o suprafaţă de schimb de 6 300 m^2. În repaus majoritatea capilarelor sunt închise, deschizându-se alternativ pe zone în timpul contracţiei.

Ca o regulă generală, fluxul sanguin în muşchiul în repaus este proporţional cu numărul de fibre lente, iar în activitate fluxul este proporţional cu numărul fibrelor rapide.

În contracţia izometrică, circulaţia scade proporţional cu tensiunea de contracţie. În contracţia izotonă, circulaţia creşte de la un debit de 4 ml/min/100 g muşchi în repaus la 150 ml.

Inervaţia muşchiului este realizată prin aşa-numitul „nerv muscular" care este un ram nervos care se ramifică dând un plex intramuscular. „Nervul muscular" conţine 50-60% fibre eferente mielinizate motorii, restul sunt fibre aferente (tip Ia şi Ib) care vin în majoritate de la fusul muscular şi de la organul de tendon Golgi. Analiza cuplului funcţional nerv-muşchi este făcută în altă parte.

În general, sub denumirea de „muşchi" se înţelege corpul muscular propriu-zis şi tendonul aferent. Despre tendon s-a discutat ceva mai înainte. În continuare, se va analiza structura CORPULUI MUSCULAR.

Massa musculară se aranjează în grupe musculare pe câte o faţă a unui segment de corp sau membru, fiecare grup având aproximativ o aceeaşi acţiune principală în realizarea unei mişcări. Acest grup de „corpuri musculare" este învelit (protejat) de o *fascie comună*. Ruperea acestei fascii (traumatic) va determina hernierea muşchiului (sau muşchilor) care se evidenţiază şi clinic.

Fiecare corp muscular este învelit de un manşon conjunctiv (*epimisium* sau perimisium extern) cu dublu rol:

– protector, nepermiţând o întindere prea mare a muşchiului, menţinând forma muşchiului;

– mecanic, realizând împreună cu fascia comună ca şi cu epimisiumul vecin planuri de alunecare în timpul contracţiei sau a mobilizării segmentelor. Aceste planuri se pot bloca repede datorită edemului interstiţial care formează aderenţe.

Din epimisium pornesc septuri conjunctive în interiorul corpului muscular (perimisium intern) care învelesc fasciculele musculare.

Fibrele conjunctive ale acestui perimisium se dispun în spirală şi oblic, organizare deosebit de importantă care asigură adaptarea acestui manşon conjunctiv la variaţia de lungime a fasciculelor musculare. Din perimisium porneşc alte septuri în interiorul fasciculului muscular (endomisium) care învelesc fiecare fibră musculară (fig. 3.7.).

Epimisiumul, perimisiumul şi endomisiumul formează „matricea" sau „scheletul conjunctiv" al muşchiului care reprezintă 15% din massa lui. Acest

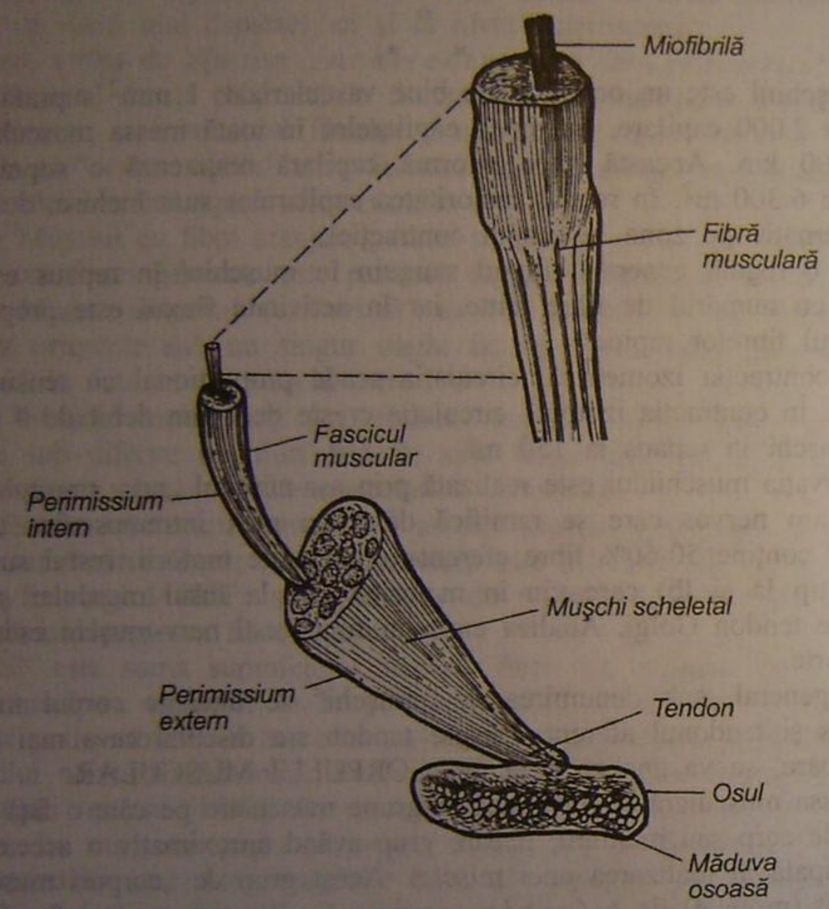


Fig. 3.7. – Organizarea structurală a muşchiului.

schelet are un important rol de susţinere şi mecanic (vezi mai departe la aspectele funcţionale ale muşchiului), dar reprezintă şi căile pe unde pene-trează şi se distribuie în muşchi vasele sanguine şi fibrele nervoase.

FASCICULUL MUSCULAR este cea mai mică unitate structurală ce cuprinde toate elementele muşchiului ca organ (mion). Diametrul unui mion este diferit de la muşchi la muşchi fiind format din 10-30 fibre musculare.

FIBRA MUSCULARĂ este celula musculară formată dintr-o membrană (sarcolema), protoplasmă (sarcoplasma), nuclei (nuclei sarcolemali) şi nişte structuri proprii citoplasmatice diferenţiate, specifice, MIOFIBRILELE, care reprezintă *singurul element contractil al muşchiului.*

Fibra musculară are o lungime între 1 şi 400 mm şi un diametru între 10 şi 150 μ.

Fiecare celulă musculară este bine fixată la lamina bazală (structură colagenică, endomisium). Între celula musculară şi această lamină bazală se află celule satelit cu rol important în creşterea şi repararea fibrelor muscu-lare. Lamina colagenică se prelungeşte spre capetele muşchiului intrând în structura tendonului.

O fibră musculară poate dezvolta prin contracţie o forţă de 100-300 mg, ceea ce înseamnă că cele 250 milioane fibre musculare cât are toată massa musculară ar dezvolta într-o contracţie teoretică simultană, 50 tone.

O fibră musculară întinsă se poate scurta prin contracţie cu 30-50% din lungimea sa. Un muşchi în ansamblu se poate scurta cu 45-57% din lungimea de repaus.

Sarcolema, membrana celulei musculare de 20-100 Å grosime este bor-dată pe faţa internă de nucleii sarcolemali care sunt alungiţi paralel cu axul lung al fibrei. Pe faţa externă a sarcolemei se află un strat de ţesut conjunc-tiv cu nuclei fibroblastici care separă între ele fibrele musculare făcând parte din „matricea" muşchiului.

Sarcolema găzduieşte două structuri anatomo-funcţionale extrem de importante:

a) partea postsinaptică a plăcii motorii (unică la fibrele albe şi multi-plă la cele roşii);

b) poarta spre invaginările tubulare ale sistemului tubular „T" prin care sunt dirijate impulsurile nervoase spre elementele contractile.

Sarcoplasma conţine:

- surse de energie (lipide picături, glicogen granule);
- organite (nuclei, mitocondrii – sarcozomi – lizozomi);
- enzime (miozină, ATP-ază, fosforilază etc.);
- aparat contractil (benzi de miofilamente aranjate în „miofibrile");
- sistemul membranos canalicular care porneşte de la nivelul sarcole-mei şi care cuprinde:
  - reticulul endoplasmatic (sarcoplasmatic);
  - sacii laterali (cisternele terminale);
  - tubii transverşi (T).

Cantitatea de sarcoplasmă este variabilă, în funcţie de muşchi şi activi-tatea lui. Astfel, muşchii roşii (oculari, respiratori etc.), sunt bogaţi în sarco-plasmă – căci trebuie să aibă o activitate aproape continuă. Muşchii albi care se contractă rapid, dar şi obosesc repede, sunt săraci în sarcoplasmă.

Miofibrilele, după cum arătam, sunt singurele elemente contractile ale muşchiului. Ocupă cam 2/3 din spaţiul intracelular al fibrei musculare fiind de ordinul sutelor de mii. Se dispun în fascicule paralele între ele, totalitatea lor apărând ca o structură tigrată prin alternanţe de zone (discuri, benzi) în-tunecate şi clare.

Miofibrila are lungimea fibrei musculare, întinzându-se de la un cap al altul al acesteia.

Miofibrila este formată prin aşezare cap la cap a câtorva mii de „unităţi contractile" reprezentate de „sarcomeri" (sau căsuţe Krause) care au o lungime de 2,5 mμ în repaus şi care se întind între 2 linii „Z".

Linia „Z" (stria Amici) este o bandă transversală care se inseră pe faţa internă a sarcolemei trecând la acelaşi nivel prin toate miofibrele şi legân-du-le. Linia „Z" are o structură proteică şi face parte din citoschelet (vezi mai departe).

Sarcomerul este alcătuit din 2 tipuri de filamente proteice contractile (miofilamente), unul gros (miozina) şi altul subţire (actina) aranjate longitudinal. Diferenţele de refracţie a luminii ce trece prin aceste filamente determină imaginea striată, tigrată a sarcomerului, realizată prin succesiunea unor discuri întunecate şi clare. Discul întunecat (banda A) anizotropică cu refracţie dublă este format din filamente groase, miozină, dar având şi filamente subţiri spre capete ceea ce face ca mijlocul discului întunecat să fie mult mai clar (banda H), fiind format exclusiv din miozină.

Între 2 benzi A se află banda I, izotropică slabă refractometric apărând de aceea ca o bandă foarte clară, formată exclusiv din filamente subţiri, actină.

Filamentele se prind doar cu un cap (celălalt rămânând liber) la nişte benzi transversale care se află în centrul discurilor clare şi întunecate. Astfel, filamentele subţiri se prind de banda Z care delimitează o unitate contractilă (sarcomerul) de cea de alături.

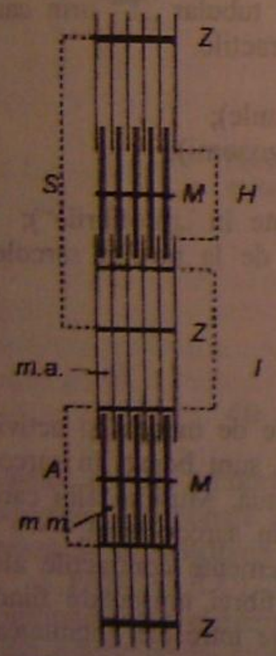


Fig. 3.8. – Miofibrila.
S = sarcomer; *A* = disc întunecat; *I* = disc clar; *H* = zona „H"; *Z* = linia „Z"; *M* = linia „M"; *m.a.* = miofilament de actină; *m.m.* = miofilament de miozină.

Filamentele groase, miozina, îşi prind un cap de banda M (stria Hensen) din mijlocul benzii A (fig. 3.8.).

Pe o secţiune transversală se poate observa că fiecare filament gros (miozină cu 6 prelungiri de punţi transversale) este înconjurat de 6 filamente subţiri, în timp ce un singur filament subţire de actină poate intra în contact doar cu 3 filamente de miozină.

Miofilamentele (miozina şi actina) sunt structuri „contractile" formate din mai multe proteine. Termenul de „contractil" este discutabil căci contracţia (scurtare) o realizează doar fibra musculară miofilamentele realizând scurtarea acesteia printr-un proces complex care se va discuta la alt capitol.

a) ***Filamentul subţire*** este dominat structural de actină, dar conţinând şi tropomiozină şi troponină. Filamentul este compus din 2 fire înfăşurate helicoidal de actină fibroasă *(F-actin)* care este un polimer a cca 200 molecule de actină globulară *(G-actin)*. Fiecare din aceste 200 molecule conţine 374 aminoacizi.

În şanţul rezultat de împletirea helicoidală de F-actin se află 2 fire răsucite de tropomiozină, fiecare fir având 284 aminoacizi.

Troponina se dispune în grămezi biloculare la fiecare 1/2 de spiră a lanţurilor de actină (fig. 3.9.). Troponina are o structură globulară fiind formată din 3 subunităţi:

- Unitatea TN-T prin care troponina se leagă de tropomiozină.
- Unitatea TN-I care blochează 4-7 molecule de G-actin de la legătura cu miozina când tropomiozina este prezentă.

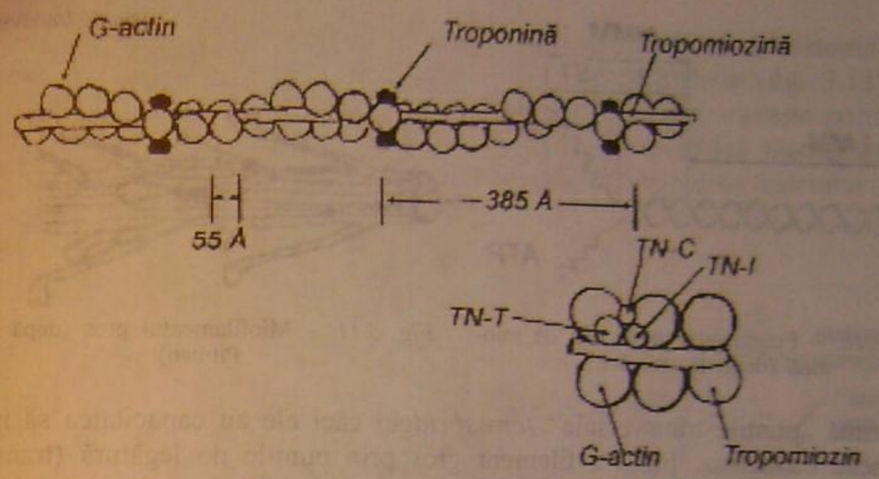


Fig. 3.9. – Miofilamentul subţire (după Hanson) (vezi textul).

- Unitatea TN-C care leagă (reversibil) Ca^{++} în funcţie de concentraţia Ca^{++}. Această unitate are 4 locuri de legătură: 2 pentru Ca^{++} şi 2 pentru Ca^{++} sau Mg^{++}.

În contracţie, tropomiozina şi troponina au o influenţă importantă asupra activităţii actinei. Tropomiozina stabilizează actina participând la menţinerea muşchiului în stare de contracţie mai prelungită. Muşchii cu capacitate crescută de contracţie tetanică sunt bogaţi în tropomiozină. Troponina este un activator de contracţie prin legarea calciului şi prin favorizarea acţiunii actină-tropomiozină.

Filamentele subţiri sub formă de mănunchiuri se conectează cu un mănunchi similar al sarcomerului următor prin intermediul bandei Z.

Această bandă Z are o mare flexibilitate, schimbându-şi forma în diverse situaţii. Lărgimea ei variază astfel de la o fibră musculară la alta în funcţie de diversele tipuri de fibre. După Sjöström şi Angquist (1982) lărgimea bandei Z este şi o consecinţă a antrenamentului fizic.

b) ***Filamentul gros*** este compus din miozină, moleculă proteică aranjată sub forma a 2 lanţuri lungi răsucite helicoidal de cca 1600 Å lungime şi 20 Å grosime, terminate cu 2 capete globulare (unul care conţine ATP şi celălalt este subfragmentul S_2).

Molecula de miozină este formată din fragmente de meromiozină uşoară (*meromyozin light* – LMM) şi meromiozină grea (*meromyozin heavy* – HMM) cu greutăţi moleculare diferite.

HMM se subdivide în 2 subfragmente (S_1 şi S_2) (fig. 3.10.).

Filamentul gros este format din aproape 400 molecule de miozină care au un aranjament special. Moleculele sunt aliniate în perechi, subfragmentul S_1 fiind orientat la 180° faţă de S_2. Perechea următoare este translată şi rotată cu 120° faţă de precedenta etc. În acest fel subfragmentele S_1 înconjoară pe toate părţile filamentul gros (fig. 3.11.). Aceste subfragmente S_1

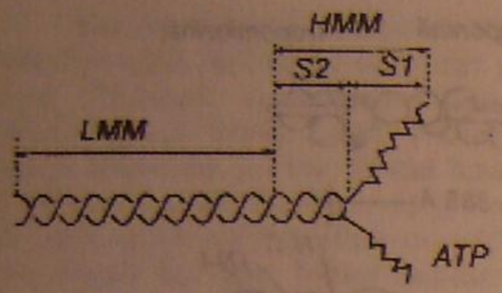


Fig. 3.10. – Fragmentele moleculei de miozină (după R. Whalen).

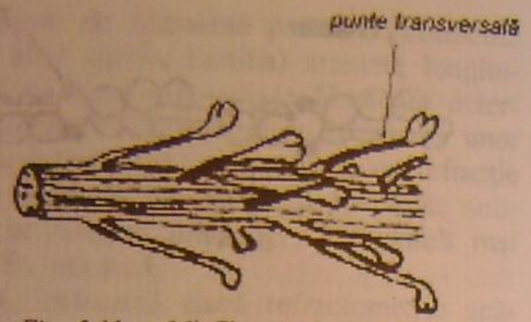


Fig. 3.11. – Miofilamentul gros (după M.I. Pitman).

reprezintă „punţile transversale" *(crossbridge)* căci ele au capacitatea să interacţioneze cu actina. Fiecare filament gros prin punţile de legătură (transversale) poate intra în contact cu cele 6 filamente subţiri (actina) care-l înconjoară (vezi mai sus).

Molecula de miozină are două zone „flexibile": una este la joncţiunea fragmentelor HMM cu LMM şi a doua la zona de joncţiune a subfragmentelor S_1-S_2 ceea ce permite HMM să se direcţioneze spre filamentele subţiri din vecinătate.

Numărul de filamente groase este variabil în funcţie de muşchi. De exemplu, cvadricepsul are 1 600 filamente groase/μm^2.

Citoscheletul. În 1985 Cooke denumeşte „citoschelet" un set de structuri care determină organizarea sarcomerilor atât înăuntrul cât şi în afara lui. Aceste structuri realizează cadrul fizic pentru interacţiunea proteinelor contractile.

Porţiunea exosarcomerică a citoscheletului menţine una lângă alta aliniate miofibrilele adiacente, iar cea endosarcomerică menţine orientarea şi aranjamentul filamentelor groase şi subţiri.

Citoscheletul exosarcomeric este format din „filamente intermediare" unele aranjate longitudinal de-a lungul sarcomerului, iar altele transversal încrucişând sarcomerul. Aspectul este de grilă.

Filamentele intermediare sunt proteine variate (desmin, vimentin, synemin) localizate la nivelul benzilor Z făcând conexiunea între miofibrilele adiacente şi sarcolemă şi mai departe continuându-se cu matricea extracelulară a ţesutului conjunctiv (scheletul muşchiului).

Citoscheletul endosarcomeric acţionează ca un al treilea sistem filamentos (celelalte două fiind miozina şi actina) având structură tot proteică (titin şi nebulin). Proteina titin pare că este responsabilă pentru starea de repaus a elasticităţii muşchiului, iar proteina nebulin menţine grătarul dispozitivului actinic (Waterman-Storer, 1991) (fig. 3.12.).

Reticulul sarcoplastic este o structură proprie muşchiului. Este o reţea de tuburi şi cisterne care înconjoară miofibrilele fiind în legătură cu sistemul tubular transversal (sistemul T). Tuburile reticulului se dispun longitudinal şi paralel cu axul lung al miofibrilelor (sistemul tubular „L").

Sistemul tubular L se termină la joncţiunea între discul clar (I) şi cel întunecat (A) cu 2 dilataţii în formă de cisterne. Între aceste 2 dilataţii se

deschide tubulatura sistemului transvers (sistemul T). Cele 2 cisterne împreună cu canaliculul T formează „triada" descrisă de Palade (fig. 3.13).

Reticulul sarcoplastic este depozitarul de Ca^{++}, iar anumite porţiuni din el funcţionează ca „pompă de Ca". La nivelul reticulului sarcoplastic, impulsul electric (potenţialul de acţiune) determină eliberarea calciului care va declanşa întregul proces al contracţiei.

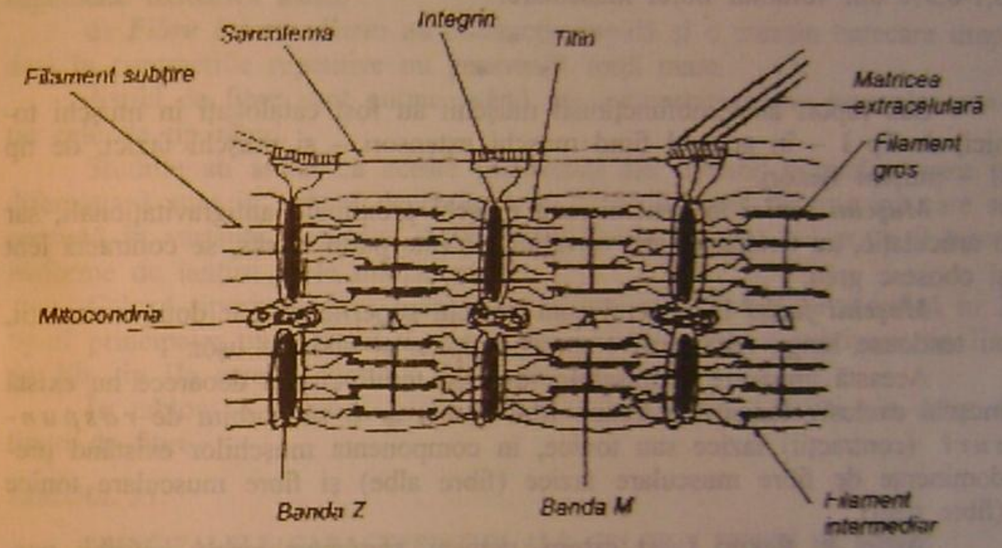


Fig. 3.12. – Organizarea citoscheletului (după Thornell şi Price).

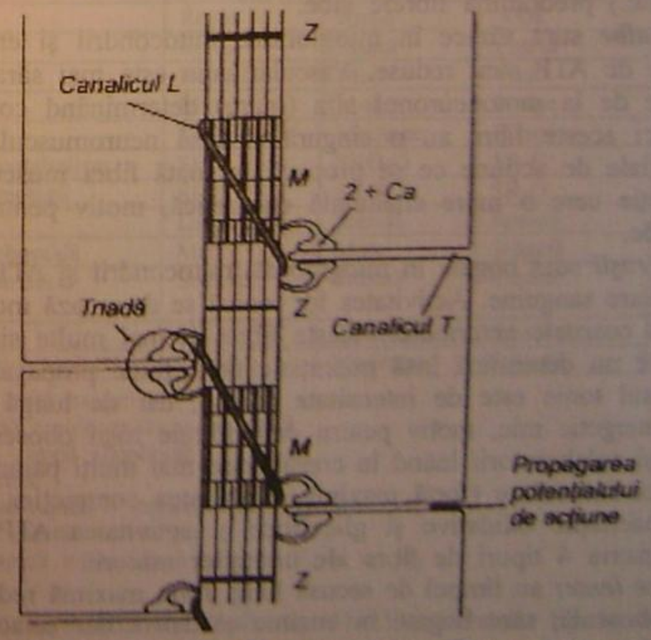


Fig. 3.13. – Miofibrila cu triadele (după Palade şi Porter).

Reticulul sarcoplastic ocupă cam 1-9% din volumul fibrei musculare (în funcţie de specia animală).

Sistemul T reprezintă o extensie a membranei care penetrează fibra musculară până la nivelul dintre cisterne. Prin el se face propagarea impulsurilor electrice de la suprafaţa fibrei musculare înspre interiorul celulei musculare.

Sistemul are câte 2 tubi transversali pentru un sarcomer şi ocupă .cca 0,1-0,5% din volumul fibrei musculare.

*
* *

Sub raport anatomofuncţional muşchii au fost catalogaţi în muşchi tonici, de tip I – în general fiind muşchi extensori – şi muşchi fazici, de tip II – muşchi flexori.

Muşchii tonici în general sunt muşchi proximali, antigravitaţionali, sar o articulaţie, au tendoane late, travaliul lor este puţin intens, se contractă lent şi obosesc greu.

Muşchii fazici în general sunt muşchi superficiali, sar două articulaţii, au tendoane lungi, realizează contracţii rapide şi obosesc uşor.

Această împărţire a muşchilor este cu totul relativă deoarece nu există muşchi exclusiv fazici sau tonici. Mai corect ar fi să vorbim de *răspunsuri* (contracţii) fazice sau tonice, în componenta muşchilor existând predominenţe de fibre musculare fazice (fibre albe) şi fibre musculare tonice (fibre roşii).

Astfel în flexori (vast extern, gemeni, semimembranos, muşchii posturii) predomină fibrele roşii în timp ce în extensori (vastul intern, solear, semitendinos etc.) predomină fibrele albe.

Fibrele albe sunt sărace în mioglobină, mitocondrii şi enzime oxidative. Rezervele de ATP sunt reduse. Vascularizaţia este mai săracă. Stimulul nervos provine de la motoneuronul alfa (mare) determinând contracţii rapide, fazice, căci aceste fibre au o singură sinapsă neuromusculară care generează potenţiale de acţiune ce se propagă în toată fibra musculară. O astfel de contracţie cere o mare cheltuială energetică, motiv pentru care fibra oboseşte repede.

Fibrele roşii sunt bogate în mioglobină, mitocondrii şi ATP. Au o reţea amplă de capilare sanguine. Activitatea lor tonică se datorează motoneuronului alfa (mic) din coarnele anterioare. Aceste fibre au mai multe sinapse neuromusculare care nu determină însă potenţiale de acţiune propagate.

Răspunsul tonic este de intensitate redusă, dar de lungă durată, cere un consum energetic mic, motiv pentru care fibrele roşii obosesc greu.

Burke şi colaboratorii luând în considerare mai mulţi parametri funcţionali ai fibrelor musculare (forţă maximă, rapiditatea contracţiei, rezistenţa la oboseală, capacităţile oxidative şi glicolitice şi activitatea ATP-azei actinomiozinice) descriu 4 tipuri de fibre ale unităţilor motorii.

a) ***Fibre lente:*** au timpul de secusă lung, forţa maximă redusă, rezistenţă mare la oboseală, sunt bogate în enzime oxidative dar sărace în markeri glicolitici şi în activitate ATP-azică.

b) ***Fibre rapide şi rezistente la oboseală:*** au timpi de contracţie rapizi, îşi conservă forţa chiar după multe contracţii, sunt bogate în enzime glicolitice şi oxidative ca şi în activitate ATP-azică.

c) ***Fibre ce obosesc rapid:*** au ritm de contracţie rapid, forţă foarte mare dar nu pot să menţină aceste caractere decât pentru câteva contracţii trebuind apoi să se odihnească. Au activitate glicolitică şi ATP-azică intensă, dar capacitate oxidativă slabă.

d) ***Fibre intermediare:*** au contracţie rapidă şi o menţin oarecare timp, deşi în contracţiile repetitive nu generează forţă mare.

Astfel de fibre sunt puţine având un comportament nu prea clar printre cele de tip rapid.

Studiile au arătat că aceste proprietăţi ale fibrelor musculare care le diferenţiază sunt în strânsă dependenţă cu lanţurile grele de miozină care se prezintă în variante isoforme. Astfel, mamiferele ar avea cel puţin 9 tipuri isoforme de lanţuri grele miozinice.

Cele 4 tipuri de fibre musculare de mai sus de fapt se clasifică în 2 tipuri principale: tip I şi tip II, iar acesta ultimul având 3 subtipuri: tip IIa, tip IIb, tip IIc care au desigur unele deosebiri.

În tabloul 3.I sunt consemnate principalele caracteristici ale celor 4 tipuri de fibre.

TABLOUL 3.I

PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE CELOR 4 TIPURI DE FIBRE

	Tip I	*Tip II_a*	*Tip II_b*	*Tip IIc*
Culoare	Roşie	Roşie	Albă	-
Mioglobină	Multă	Multă	Puţină	-
Glicogen	Puţin	Mult	Mult	-
Capilare	Multe	Multe	Puţine	-
Lipide	Multe	Moderate	Puţine	-
Contracţie şi metabolism	SLO	SRO-G	SR-G	
Tipul unităţii motorii	SL	SR-RO	SR-O	SR-J
Contracţie	Lentă	Rapidă	Rapidă	Rapidă
Rezistenţa la oboseală	Mare	Mare	Scăzută	Intermediară
Activitate enzimatică (ATP-azică)	Scăzută	Intensă	Intensă	Intensă
Fosforilaza	Scăzută	Crescută	Crescută	-
Enzime oxidative	Crescute	Moderate	Scăzute	-

SLO = secusă lentă oxidativă;
SRO-G = secusă rapidă oxidativ-glicolitică;
SR-G = secusă rapidă glicolitică;
SL = secusă lentă;
SR-RO = secusă rapidă – rezistentă la oboseală;
SR-O = secusă rapidă – oboseşte;
SR = secusă rapidă intermediară între tip II_a şi tip II_b

Persoanele sedentare, copii, au 45-55% fibre de tip I. Atleţii de performanţă îşi dezvoltă tipuri de fibre musculare în corelare cu caracteristicile

sportului respectiv. Astfel, sporturi care cer o rezistenţă crescută dezvoltă o largă repartiţie de fibre tip I, în timp ce sprinterii îşi dezvoltă fibrele tip II. Desigur că nivelul performanţei depinde de mai multe elemente (fiziologice, biochimice, neurologice, psihologice) şi nu numai de tipul fibrei predominant în anumiţi muşchi.

Fibrele tip I, în general, au un diametru mai mic decât cele de tip II, ceea ce determină forţe diferite. Adăugând faptul că şi viteza de contracţie este mai mică la tipul I se înţelege uşor diferenţa funcţională între cele 2 tipuri de fibre musculare.

3.5.1. *Repararea muşchiului*

Dacă forţa muşchiului este dată de calitatea şi cantitatea materialului contractil (fibra musculară) rezistenţa lui la rupere este dată de „scheletul fibros".

Clasic se afirmă că „muşchiul nu este capabil să se regenereze". Afirmaţia este privită azi cu mai mult discernământ. Astfel în leziunile difuze musculare dar care nu întrerup fibra musculară, regenerarea este regula.

Leziunile uşoare ale fibrelor musculare care determină doar întreruperi mici ale acestora se vindecă prin cicatrice conjunctive total nesemnificative pentru funcţia muşchiului.

Leziunile severe, cu întreruperi mari care realizează adevărate diastazisuri musculare se repară, prin invadare de cicatrice interstiţială, cicatrice care ia aspect de „tendon" intermediar. În aceste condiţii, funcţia musculară este afectată şi desigur rămâne pericolul unor noi rupturi.

Există situaţii în care se poate constata o reală regenerare a fibrei musculare. O astfel de regenerare („regenerare mioblastică") nu este însă posibilă decât prin conservarea membranei bazale ceea ce, teoretic, se întâmplă mai rar.

Regenerarea mioblastică pune şi alte condiţii pentru a se realiza. Astfel:

– Este necesară o foarte bună vascularizaţie în zonă pentru a se asigura un aport crescut de O_2.

– Să existe o bună reinervaţie pentru maturarea fibrelor musculare şi pentru diferenţierea în fibre lente şi rapide.

– Să se exercite o tracţiune longitudinală pentru orientarea fibrelor de colagen şi a noilor fibre musculare.

Celulele mioblastice ce proliferează după lezarea muşchiului se aliniază şi fuzionează pentru a da o mare celulă polinucleară numită „miotubul" care evoluează reformând fibrele musculare striate cu miofibrile centrale.

În afară de „cicatrizarea musculară", în muşchiul lezat are loc şi o „cicatrizare conjunctivă" prin apariţia fibroblaştilor care sintetizează diferitele tipuri de fibre colagenice. În acest fel, se reface ţesutul conjunctiv muscular,

dar se formează şi cicatricea conjunctivă intramusculară, când ţesutul muscular propriu-zis nu s-a mai refăcut.

Ca şi la os, problema este a duratei imobilizării şi reluarea mobilizării. Exagerarea ambelor este nefastă pentru procesul de cicatrizare.

Mult timp a circulat o afirmaţie clasică: „omul trăieşte şi moare cu acelaşi număr de fibre musculare". Astăzi, lucrurile nu mai sunt chiar atât de categorice căci s-a constatat că muşchiul are şi o populaţie de celule „de rezervă" sau „satelit" despre care se crede că, în anumite condiţii, pot fi activate şi să înlocuiască prin noi fibre fibrele musculare distruse. La animale, şi mai ales la păsări, acest fapt este dovedit în mod clar. La om, mai sunt necesare studii.

Problema ridică însă mai multe aspecte. Se ştie că forţa musculară creşte prin creşterea dimensiunii muşchiului. Aceasta se considera că se produce exclusiv prin hipertrofia fibrei musculare, adică creşterea volumului fibrei rămânând acelaşi număr de fibre. Dacă cele de mai sus sunt reale trebuie să acceptăm şi procesul de hiperplazie, de creştere numerică a fibrelor care ar contribui la creşterea volumului muscular prin antrenament.

Teoretic, ar trebui admis că această mărire de volum a muşchiului să aibă la bază nu numai fibra musculară, ci şi ţesutul interstiţial conjunctiv. Deoarece proporţia acestuia în masa muşchiului e mică, contribuţia lui la dimensiunea acestuia nu este luată în considerare.

3.5.2. *Raportul între patologia muşchiului şi kinetoterapie*

Muşchiul, chiar mai mult decât articulaţia, reprezintă un obiectiv central al kinetoterapiei, absolut în toate stările patologice care afectează aparatul locomotor indiferent de etiologie (posttraumatică, reumatologică, neurologică).

Un domeniu vast de interes al acestui raport îl reprezintă antrenamentul la efort care se face, evident, prin intermediul activităţii musculare, antrenament care face parte integrantă ca element primordial, în programele de kineto din bolile cardio-vasculare şi bronhopulmonare, ca şi din programele de profilaxie ale sedentarismului, stressului, stărilor nevrotice etc.

În sfârşit, muşchiul rămâne de asemenea principalul obiectiv al antrenamentelor sportivilor.

Paradoxal este faptul că tocmai în patologia muşchiului (o anumită patologie) kinetoterapia are limite foarte serioase până la contraindicaţie (ca în unele miopatii).

Există astăzi obiective foarte precise ale kinetoterapiei care se adresează muşchiului. Există metodologii diverse pentru obţinerea acestor obiective. Există, în sfârşit, exerciţii perfect codificate pentru fiecare grup muscular. Despre toate acestea, se va discuta într-un capitol dedicat exclusiv muşchiului aşa că nu mai este cazul să insistăm aici.

*
* *

Despre muşchi va mai fi vorba şi în alte capitole. Se recomandă cititorului ca să studieze şi acele referiri pentru a avea o imagine cât mai exactă asupra acestui organ-cheie al mişcării, efectorul ei.

3.6. *NERVUL*

Denumind acest subcapitol ca „nerv" suntem conştienţi că este o exprimare simplistă (şi chiar inexactă) căci procesul de inervare musculară din cadrul schemei aparatului kinetic implică o suită de structuri bine diferenţiate din cadrul sistemului nervos. L-am denumit totuşi astfel pentru a nu ne abate de la modalitatea de prezentare a acestui capitol în cadrul înşiruirii elementelor componente ale aparatului kinetic.

Cum se va arăta în capitolul următor, sistemul nervos reprezintă structura cea mai complexă a aparatului kinetic, aici se „concepe" mişcarea, aici se „comandă" aceasta, aici se „modelează" şi „adaptează" în funcţie de cerinţele cele mai diverse ale unui gest, unei mişcări, aici se „înregistrează" şi se „corectează" erorile pentru ca totul să fie perfect.

Deşi sfârşitul secolului trecut a îmbogăţit enorm cunoştinţele despre sistemul nervos au rămas încă foarte multe semne de întrebare pentru secolul actual. Azi ştim mult mai multe despre structura şi funcţia unei celule nervoase decât despre comportamentul unui grup de celule nervoase.

3.6.1. *Celula nervoasă*

Sistemul nervos are două tipuri de celule: neuronii şi nevroglia care sunt de 9 ori mai multe ca neuronii.

Nevroglia deşi atât de bogat reprezentată în sistemul nervos este mult mai puţin studiată şi cunoscută decât neuronul. Funcţiile ei sunt în mare măsură mai mult bănuite.

Iată în rezumat care ar fi rostul nevrogliei:

– ar realiza repararea şi structurarea neuronilor după lezarea acestora;
– reprezintă un suport protectiv pentru neuroni;
– asistă mielinizarea (prin oligodendrocite în SNC şi prin celulele Schwann în nervul periferic);
– asigură fagocitarea neuronilor legaţi prin microglia care proliferează în jurul acestor neuroni şi se transformă în macrofage care „curăţă" zona;
– intervine în metabolismul sistemului nervos prin modularea ionilor, a neurotransmiţătorilor şi a metaboliţilor necesari pentru o funcţie normală neuronală.

Neuronul (fig. 3.14.), celula „funcţiei" specifice a sistemului nervos, deşi poate avea morfologii variate are 3 funcţii comune:

– de recepţie a informaţiei (input);
– de evaluare a informaţiei cu analizarea oportunităţii transmiterii acesteia mai departe;
– de transmitere a unui semnal de ieşire (output).

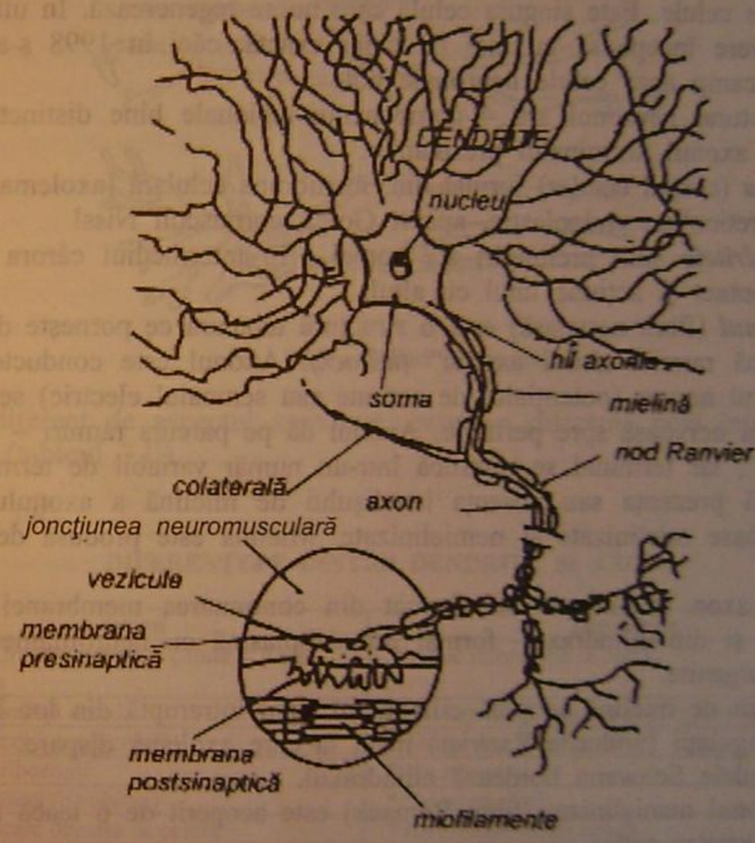


Fig. 3.14. – Neuronul (după B. Ulfhake).

Neuronul populează creierul („neuronul central") şi măduva spinării („neuronul periferic").

În medie, există 100 de miliarde neuroni centrali (şi de 10-50 de ori mai multe celule gliale). În măduvă, sunt 13,5 milioane neuroni. Dacă am număra un neuron pe secundă, ne-ar trebui 3170 de ani să-i numărăm pe toţi. Celulele neuronale formează substanţa gri a creierului şi măduvei. La creier, această substanţă reprezintă doar 40% din masa creierului, ceea ce înseamnă că majoritatea creierului (60%) este lipsită de neuroni. În schimb, substanţa gri consumă 94% din O_2 total al creierului, în timp ce substanţa albă doar 6%.

Un neuron are între 1 000 şi 10 000 de sinapse prin care intră în legătură cu alţi neuroni, ca şi cu fibrele musculare.

Diametrul unui neuron este extrem de variabil între 4 μ şi 100 μ (în medie 10 μ). Dacă am pune neuronii unii lângă alţii, am totaliza peste 1 000 km. Ca lungime, diferenţele sunt şi mai mari: între 1 μ şi 1 m. În acest fel, neuronul poate fi cea mai lungă celulă din corp.

Neuronul este şi cea mai „veche" celulă din organismul uman, căci ea nu se regenerează în timpul vieţii, ci din contră dispar – odată cu vârsta – milioane de celule. Este singura celulă care nu se regenerează. În ultimii ani, această părere începe să nu mai fie chiar exactă, căci în 1998 s-a dovedit că în hipocamp apar celule neuronale noi.

Structural neuronul are 4 componente regionale bine distincte: soma, dendritele, axonul, terminalul presinaptic.

Soma (corpul celular) format din: membrana celulară (axolema), nuclei, ribozomi, reticulum endoplastic, aparat Golgi, corpusculi Nissl.

Dendritele sunt prelungiri ale somei prin intermediul cărora neuronii intră în contact şi acţiune unul cu altul.

Axonul (fibra nervoasă) este o structură tubulară ce porneşte din celulă dintr-o zonă numită „hilul axonic" *(hillock)*. Axonul este conductorul prin care influxul nervos (potenţialul de acţiune sau semnalul electric) se propagă de la celula nervoasă spre periferie. Axonul dă pe parcurs ramuri – denumite „colaterale", iar terminal se ramifică într-un număr variabil de terminaţii.

După prezenţa sau absenţa învelişului de mielină a axonului, există fibre nervoase mielinizate şi nemielinizate. Mielina este produsă de celulele Schwann.

Un axon mielinizat este format din continuarea membranei celulare (axolema) şi din cilindrax – format din axoplasmă cu neurofilamente, neurotubuli, organite.

Teaca de mielină acoperă cilindraxul fiind întreruptă din loc în loc de nişte strangulaţii (nodurile Ranvier) nivel la care axolema dispare.

Celulele Schwann bordează cilindraxul.

Axonul nemielinizat (fibre Remack) este acoperit de o teacă Schwann, are un diametru redus.

Terminaţia presinaptică este zona terminală a ramurilor axonale care se implică în formarea sinapsei.

În fig. 3.14 este desenat un neuron „clasic". Spunem clasic deoarece forma neuronilor poate fi foarte variată aşa cum se poate vedea din fig. 3.15. Neuronii bipolari au 2 procese extinse de la corpul celular (ex.: celule retinale, celulele epiteliului olfactorial).

Cei pseudounipolari, ca în celulele ganglionare din rădăcina dorsală, par să aibă mai curând 2 axoni decât dendrite şi 1 axon. Unul soseşte de la periferie, piele şi muşchi, fiind fibre aferente, iar celălalt pleacă din celula neuronală în măduvă.

Neuronii multipolari au mai multe procese de la celulă, dar numai unul este axon. Aşa arată neuronii motori spinali, neuronii piramidali, celulele Purkinje din creier.

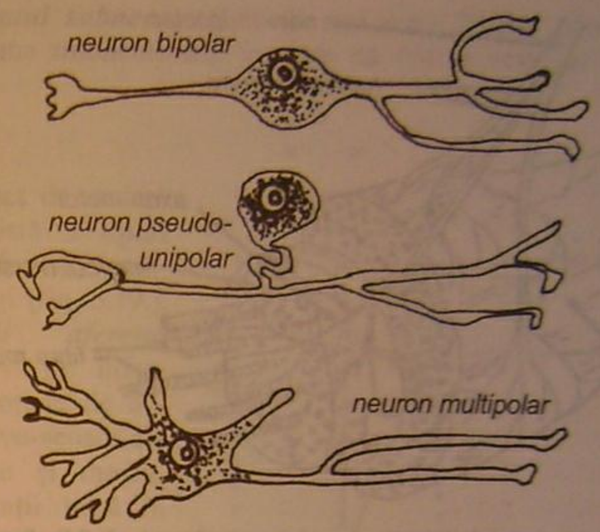


Fig. 3.15. – Tipuri de neuroni.

Indiferent de aspectul anatomic, există o diferenţă netă între dendrite şi axoni (tabloul 3.II).

TABLOUL 3.II

DIFERENŢELE DINTRE DENDRITE ŞI AXONI

Axonii	*Dendritele*
• Preiau informaţia de la celulă şi o duc undeva	• Aduc informaţia la celulă
• Au suprafaţă netedă	• Au suprafaţă rugoasă prin "spinii dendritici"
• De obicei 1 axon/celulă	• Multe dendrite/celulă
• Nu au ribosomi	• Au ribosomi
• Au mielină (de obicei)	• Nu au mielină
• Ramificare departe de celulă	• Ramificare lângă celulă

Sinapsa se formează la orice nivel al neuronului: axodendritic, axo-axonic, dendro-dendritic, dendro-somatic, dar 80% din sinapsele prin care celula neuronală primeşte informaţia (inputul) sunt la nivelul dendritelor.

Ajuns la muşchi nervul se divide în „ramuri primare", apoi fiecare dintre acestea în „ramuri mici" din care doar câte un ram va contacta o fibră musculară prin *joncţiunea neuromusculară* (placa finală motorie) care nu este o sinapsă neuroneuronală ca cele de mai sus, ci neuromusculară (fig. 3.16.).

La suprafaţa fibrei musculare axonul formează o arborizaţie terminală (fig. 3.17.). Axoplasma nervului nu intră în contact cu sarcolema fibrei musculare, terminaţiile nervului fiind prinse în nişte şanţuri de pe suprafaţa sarcolemei care este plicaturată „în polisadă". Aceste neregularităţi ale sarcolemei au fost numite de Couteaux „aparat subneuronal" care reprezintă partea

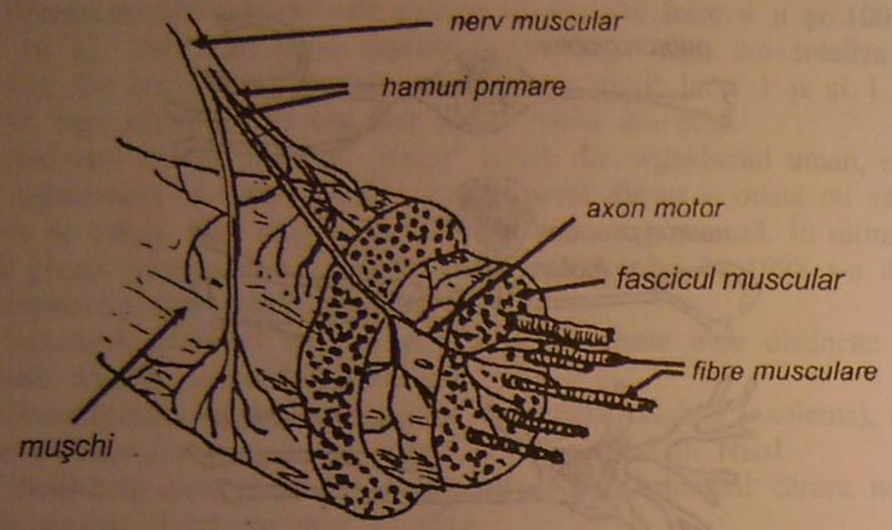


Fig. 3.16. – Subdiviziunile nervului muscular (după S.E. Peters).

Fig. 3.17. – Arborizaţia terminală axonală pe o fibră musculară (după Bosmajian).

postsinaptică a joncţiunii neuro-musculare. În acest fel, această joncţiune se consideră că are 3 părţi (fig. 3.18.).

a) ***Partea presinaptică*** reprezentată de terminaţia axonului demielinizat, terminaţie care are la capăt un buton terminal axonal plin cu 15-20 milioane de vezicule cu acetilcolină;

b) ***Fanta sinaptică,*** adică spaţiul dintre axoplasmă şi sarcoplasmă sau, altfel spus, între membrana presinaptică şi cea postsinaptică;

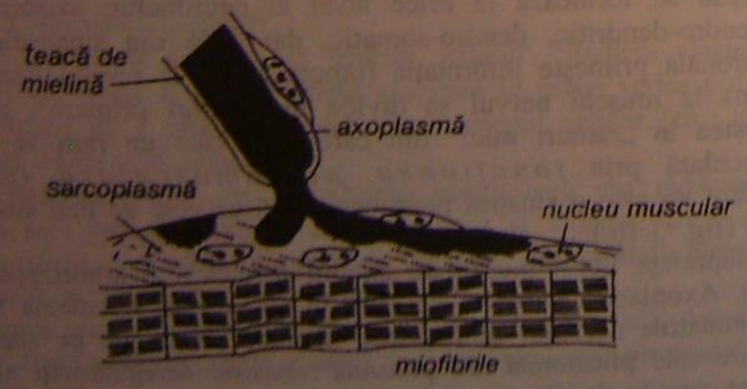


Fig. 3.18. – Placa motorie (după Couteaux).

c) ***Aparatul subneuronal*** (vezi mai sus). Fibrele musculare albe au o singură joncţiune mioneuronală în timp ce fibrele roşii au mai multe.

Din punct de vedere funcţional, există 3 tipuri de neuroni: aferenţi, interneuroni, eferenţi (fig. 3.19.).

Neuronii aferenţi sunt „primitori" de informaţii, de potenţiale de acţiune sensitivo-sensoriale de la periferie şi mediu. Aceste informaţii intră în sistemul nervos central, acţionează local (ex. reflexele), adică are loc şi o transmitere locală de comandă (output), şi/sau sunt distribuite prin SNC spre centru.

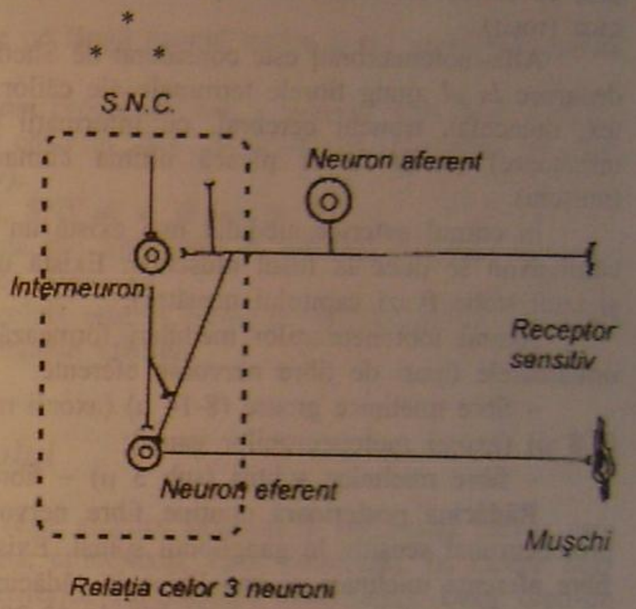


Fig. 3.19. – Relaţia celor trei neuroni.

Neuronii intercalari (interneuronii) reprezintă marea massă a neuronilor (99% din total) fiind „staţiile" intermediare care modulează interacţiunea între input şi output în sens excitator sau inhibitor.

Această modulare a interneuronilor poate fi:

– directă (când aceşti neuroni intră în circuitul aferenţă-eferenţă);

– indirectă (când interneuronul poate altera excitabilitatea legăturii aferenţă-eferenţă);

– intermediară prin influenţarea inputului primit de neuronii eferenţi de la structurile SNC.

Neuronii eferenţi sunt transmiţătorii de informaţii (potenţiale de acţiune, outputuri) de la SNC la organele efectoare. Dacă outputul este trimis către muşchi, neuronul respectiv este denumit NEURON MOTOR (motoneuron). Este de fapt neuronul eferent care ne interesează în contextul problematicii tratate în prezenta monografie.

Celulele motoneuronilor sunt în creier şi în substanţa cenuşie medulară, iar axonii lor ies din măduvă prin rădăcinile anterioare formând nervii periferici. Există 43 de perechi de astfel de nervi: 12 nervi cranieni şi 31 de nervi spinali care împreună formează „SISTEMUL NERVOS PERIFERIC", nervul spinal având amândouă componentele de fibre: aferente şi eferente.

Motoneuronul medular (localizat în cornul anterior) este denumit „alfa" existând un neuron alfa-1 (alfa fazic) cu somă mare, axon gros, cu condu-

cere rapidă (60-100 m/sec) care îşi are terminaţiile pe fasciculele musculare fazice (albe) şi un neuron alfa-2 (alfa tonic) cu celulă mai mică, axon subţire, cu conducere lentă, care îşi are terminaţiile pe fasciculele musculare tonice (roşii).

Alfa-motoneuronul este considerat de Sherrington „calea finală comună" deoarece *la el* ajung fibrele terminale ale căilor descendente pornite din cortex, diencefal, trunchi cerebral, cu informaţii de comandă (vezi capitolele următoare) şi *de la el* pleacă ultima comandă integrativă spre efector (muşchi).

În cornul anterior medular mai există un tip de motoneuron, *gama,* al cărui axon se duce la fusul muscular. Există un motoneuron gama dinamic şi unul static (vezi capitolul următor).

Axonii motoneuronilor medulari formează rădăcina anterioară care are următoarele tipuri de fibre nervoase eferente:

– fibre mielinice groase (8-14 μ) (axonii motoneuronilor alfa) şi mijlocii (3-8 μ) (axonii motoneuronilor gama);

– fibre mielinice subţiri (sub 3 μ) – fibre vegetative preganglionare.

Rădăcina posterioară conţine fibre nervoase aferente, sensitive având protoneuronul sensitiv în ganglionul spinal. Există o varietate relativ mare de fibre aferente mielinice şi amielinice în rădăcina posterioară:

– fibre mielinice groase (tip I) de 12-20 μ cu conducere rapidă, care conduc sensibilitatea proprioceptivă;

– fibre mielinice mijlocii (tip II) de 5-12 μ cu conducere mai puţin rapidă, care conduc sensibilitatea proprioceptivă şi tactilă;

– fibre mielinice subţiri (tip III) de 2-5 μ cu conducere lentă care transmit sensibilitatea somatică dureroasă şi pe cea termică;

– fibre amielinice (tip IV) de 0,3-1,3 μ care transmit sensibilitatea viscerală dureroasă. Această clasificare aparţine lui Erlanger şi Gasser.

O clasificare a tuturor fibrelor nervoase sensitive sau motorii pe baza vitezei de propagare a influxului nervos este următoarea:

– Fibre A: cu axoni mielinizaţi având diametrul cel mai mare. În această grupă intră 4 subgrupe de fibre:
  - alfa (viteză 60-120 m/sec) fibre motorii şi proprioceptive;
  - beta (viteză 30-70 m/sec) fibre ale sensibilităţii tactile şi ale musculaturii lente;
  - gama (viteză 15-40 m/sec) fibre ale fusurilor musculare;
  - delta (viteză 5-20 m/sec) fibre rapide ale sensibilităţii dureroase.
– Fibre B (viteză 3-15 m/sec) cu axoni mielinizaţi şi cu diametru sub 3 μ sunt fibre vegetative preganglionare şi aferenţe vegetative;
– Fibre C (viteză 0,5-2 m/sec): amielinice, cu diametrul de 0,5-1 μ, fibre cu conducere lentă a durerii, pe care le găsim şi în fibrele vegetative postganglionare.

Nervii care asigură inervarea musculaturii striate conţin în marea lor majoritate, fibre mielinizate de diametre diferite (2-20 μ). Aproximativ 40% din fibre sunt aferenţe sensitive din grupul fibrelor cu diametru mare (9-20 μ); restul de 60% sunt aferenţe, motorii, 1/3 fiind din grupul gama, iar 2/3 din grupul alfa.

Nervul periferic conţine pe lângă axonul motor şi cel sensitiv şi axonul nervului vegetativ.

Sistemul nervos autonom (vegetativ) are 2 neuroni între SNC şi organul efector: primul are soma chiar în SNC, al doilea în afara SNC în „ganglionul autonomic" (vegetativ).

Anatomic şi funcţional, SNV-ul se divide în:

- Simpatic: prima celulă din SNC este în măduva toracică, iar a 2-a în afară dar foarte aproape de SNC;
- Parasimpatic: prima celulă este în creier şi măduva sacrată, iar a 2-a în ganglionul vegetativ din organul efector.

3.6.2. *Repararea nervului*

Nervul se regenerează (este singura structură a sistemului nervos care se regenerează). Fibra nervoasă, cilindraxul, lezat (întrerupt), îşi începe imediat degenerarea porţiunii periferice (degenerare wallerianã). Dacă dintr-un motiv sau altul regenerarea întârzie, se instalează şi degenerarea retrogradă, spre corpul celular. Dacă în 18 luni nu s-a făcut regenerarea dispare şi placa motorie, iar fără această placă o regenerare ulterioară devine inutilă.

Regenerarea începe de la capătul proximal al secţiunii nervului şi se derulează concomitent cu degenerarea. Viteza de avansare a regenerării este foarte variabilă, în medie cu 1-4 mm/zi.

În cazul unei anastomoze microchirurgicale a nervului, axonul se regenerează în zona respectivă în 10-14 zile.

Recuperarea nervului se realizează prin „înmugurirea" axonului, prin proliferarea unor ramuri colaterale subţiri care, nedirecţionate, cresc dezordonat în toate direcţiile inclusiv retrograd. În prezenţa unei teci Schwann integre, mugurii axonali de regenerare găsesc o perfectă direcţionare spre muşchii rămaşi denervaţi.

Procesul de regenerare a nervului se face după unele legi mai mult sau mai puţin fixe. Iată pe cele mai importante:

– Cu cât leziunea este mai distală (faţă de corpul celular) cu atât este mai puţin probabil să apară degenerarea retrogradă, iar regenerarea este mai eficientă. Şi invers;

– Mugurele proximal se îndreaptă prin chimiotactism spre teaca Schwann;

– Celulele Scwann cresc şi ele putând reface teaca;

– Regenerarea exuberantă cu foarte mulţi muguri este un proces defavorabil;

– Axonul şi cu mugurii în creştere care nu întâlnesc o teacă Schwann se încolăcesc şi formează „nevromul de amputaţie";

– Viteza regenerării scade cu vârsta;

– Regenerarea nervului nu înseamnă *ipso facto* şi recuperarea funcţiei, proces în care sunt implicaţi mai mulţi factori (vezi şi capitolul următor) cum ar fi spre exemplu:

- tipul nervului (radialul reface mai bine decât medianul, iar tibialul mai bine decât peroneul);
- întârzierea reparării permite distrugerea sinapselor, receptorilor, funcţia rămânând compromisă.

De peste o jumătate de secol, Seddon a propus o clasificare clinico-anatomopatologică a leziunilor nervilor periferici, clasificare considerată utilă şi azi cu singura adnotare că tipurile lezionale nu sunt neapărat pure, ci mai ales mixte cu predominente. Sunt 3 tipuri lezionale:

1. **Neurotmezis:** leziunea cea mai gravă, o secţiune totală a nervului, fără şansă de vindecare spontană, doar prin sutura chirurgicală cap la cap a nervului sau intercalarea unui grefon de nerv.

Degenerarea wallerianã şi retrogradă (aşa-zisa „reacţie axonală") sunt regulă. Mugurii regenerării care apar după 2-3 zile sunt dezorganizaţi, încurbaţi cu traiecte aberante. Se formează „nevromul" şi „gliomul" (prin proliferarea anarhică a celulelor Schwann). Între cele 2 capete ale secţiunii nervului se formează ţesut cicatriceal şi orice speranţă de reluare a fluxului nervos este compromisă.

Clinic paralizia este totală, dispare şi tonusul muscular şi orice urmă de sensibilitate. Reflexul osteotendinos corespunzător este abolit. Se instalează tulburările vasculotrofice.

2. **Axonotmesis,** leziune medie ca gravitate. Axonul este distrus dar ţesutul conjunctiv, tecile nervului au rămas intacte. Degenerarea wallerianã apare, dar regenerarea concomitentă este eficientă căci tecile indemne direcţionează corect mugurii către organul efector, de aceea axonotmesisul este considerat ca tip lezional „în continuitate".

Este foarte posibil ca în cadrul axonotmesisului să existe fibre nervoase (axoni) care şi-au păstrat integritatea morfofuncţională.

La locul traumatismului nervul apare tumefiat („nevromul fusiform" sau „pseudonevromul de strivire").

Clinic axonotmesisul este asemănător cu neurotmesisul dar atrofia musculară este tardivă şi moderată, iar tulburările trofice sunt minime sau nu apar.

Diagnosticul este greu de pus iniţial. Este obligatorie explorarea chirurgicală care constată continuitatea nervului. Mai târziu evoluţia clinică bună semnează diagnosticul clinico-morfopatologic retroactiv, căci în axonotmesis regenerarea spontană este regula.

3. **Neurapraxia** este leziunea caracteristică compresiunilor de nerv. Conducerea influxului nervos este împiedicată probabil prin lezarea tecii de mielină. Vindecarea spontană se produce întotdeauna.

Această formă lezională stă la baza aşa-numitor „paralizii medicale" caracterizate prin pareze ce nu vor conduce la atrofii musculare (doar hipotrofii de nefuncţionare, reversibile). Tulburările de sensibilitate apar doar ca parestezii sau hipoestezii. Fără tulburări trofice sau vasculare. În 2-3 luni vindecarea este completă. Evident degenerarea wallerianã nu a apărut.

3.6.3. *Raportul între patologia nervului şi kinetoterapie*

Aici intră în discuţie, de fapt, patologia neuronului periferic şi a axonului său.

Kinetoterapia evident nu se adresează direct structurilor neurologice (neuron motor, neuron sensitiv, nervi aferenţi sau eferenţi, plăci motorii), ci consecinţelor în plan motor (dar şi sensitiv) ale patologiei acestor structuri.

Pe prim plan se situează scăderea forţei musculare până la periferie cu toate elementele subsidiare ce decurg din această stare (dezechilibru agonişti-antagonişti, deposturări, limitare de mişcare articulară cu redori consecutive, atrofii musculare, tulburări vasculo-trofice etc.).

În al doilea rând, este vorba de tulburările de sensibilitate a căror recuperare poate beneficia – într-o anumită etapă – de un program special inclus tot în kinetoterapie.

Trebuie însă avut în vedere că motoneuronul medular reprezintă, cum s-a mai amintit, „calea comună finală" a întregului SNC, deci va participa şi la patologia neurologică centrală adică la sindroamele hipo- sau hiperkinetice la cele diskinetice, la tulburările de coordonare ale mişcărilor voluntare, la deficitele de tonus şi posturale.

De fapt, patologia neurologică reprezintă teritoriul cel mai vast al kinetoterapiei, iar această monografie va încerca să justifice teoretic şi practic această realitate. Din acest motiv, nu vom mai insista aici asupra raportului între patologia nervului şi kinetoterapie, subiect asupra căruia se va reveni în mod repetat în capitolele următoare.

3.7. *RECEPTORUL SENSITIV*

Este ultimul element care trebuie luat în considerare din ceea ce am numit la începutul acestui capitol „sistemul articulaţiei unice", respectiv date asupra structurii şi organizării acestui sistem.

Nu se poate concepe un sistem creat pentru mişcare şi în mişcare cu o mare manevrabilitate decât în prezenţa unui mecanism complex de *feedback* care să controleze permanent sistemul. De aceea, numărul neuronilor aferenţi care realizează feedbackul este cu mult mai mare decât cel al neuronilor efectori care comandă mişcarea.

Feedbackul este pornit de la nivelul receptorilor sensitivo-sensoriali care au capacitatea de a converti diverse forme de energie (lumină, căldură, presiune, sunet etc.) în energie electrochimică sub formă de potenţiale de acţiune care, ajunse în SNC, sunt utilizate la monitorizarea stării sistemului locomotor. Acest proces de conversie a unor tipuri de energii în altele este denumit TRANSDUCŢIE.

Receptorii se clasifică după diverse criterii. Astfel:

– După localizare: – exteroceptori
– interoceptori
– proprioceptori
– După funcţii: – mecanoreceptori
– termoreceptori
– fotoreceptori
– presoreceptori
– chemoreceptori
– nociceptori
– După morfologie: – terminaţii nervoase libere
– terminaţii nervoase încapsulate.

La nivelul „sistemului articulaţiei unice“ pentru a controla mişcările este nevoie de cel puţin 2 informaţii permanente:

UNDE? şi CÂND? este perturbat sistemul de vreun eveniment din mediul înconjurător.

Răspunsul la aceste întrebări îl dau:

1. Proprioceptorii care depistează stimulii ce sunt produşi chiar în sistem;

2. Exteroceptorii care detectează stimulii externi.

Proprioceptorii includ fusul muscular, organele de tendon, receptorii articulari.

Exteroceptorii includ: ochii, urechile, receptorii cutanaţi (tactili, de temperatură, durere etc.).

În cele ce urmează, vom discuta despre proprioceptorii şi receptorii cutanaţi.

3.7.1. *Fusul muscular*

Este un organ receptor specializat care funcţionează independent de conştiinţa noastră. Este o formaţiune fusiformă (0,7-4 mm/0,1-0,2 mm) învelită de o capsulă formată din lamele celulare (fibrocite alungite) între care există fibre colagenice orientate în axul lung al fusului. În interiorul acestei capsule se află 3-10 fibre musculare (numite fibre „intrafusale“ pentru a fi diferenţiate de cele „extrafusale“).

Anatomic, fusul muscular este plasat printre fibrele musculare. Un muşchi care traversează o articulaţie are între 6 şi 1300 astfel de fusuri musculare.

Fibrele musculare intrafusale au mult mai puţine miofilamente decât cele extrafusale, motiv pentru care au o forţă foarte slabă (de 36 de ori mai mică decât cele extrafusale).

Există 2 tipuri de fibre intrafusale după modul de organizare a nucleilor:

– fibră musculară cu lanţ nuclear (sunt mai subţiri, iar nucleii sunt aranjaţi în lanţ);

– fibră musculară cu sac nuclear (sunt mai groase cu nuclei în ciorchine, aranjaţi în zona ecuatorială).

Ambele aceste tipuri au miofibrilele plasate doar polar, spre capete; în zona centrală, ecuatorială, neexistând miofibrile.

Există, de fapt, 2 tipuri diferite de fibre musculare cu sac nuclear, unul tip sac nuclear dinamic, celălalt static.

La mamifere, există 2 fibre cu sac nuclear (unul dinamic, altul static) şi un număr variabil de fibre cu lanţ nuclear (de obicei 5 fibre).

Există o varietate foarte mare în numărul fusurilor musculare dintr-un muşchi. În general, însă, densitatea lor este mai mare în muşchii mici responsabili cu mişcările fine şi cu controlul postural. Aşa, spre exemplu, cele mai numeroase fusuri le găsim în muşchii mici intervertebrali ai gâtului, iar printre cele mai puţine în fesierul mare.

Nu există însă vreo diferenţă de repartiţie între musculatura flexoare şi cea extensoare.

Zona centrală a fusului conţine o substanţă gelatinoasă care ar avea rolul să faciliteze alunecarea fibrelor musculare intrafusale.

Zona centrală nu este contractilă, ci doar zonele polare unde sunt plasate fibrele musculare intrafusale aranjate în paralel între ele, dar paralel şi cu fibrele extrafusale între care se află fusul muscular. Contactul între membrana conjunctivă a fusului la nivelul polilor şi structurile conjunctive ale muşchiului este foarte strâns, motiv pentru care modificări de alungire ale muşchiului se transmit imediat fusului muscular.

Modificările de lungime ale muşchiului sunt însă direct dependente de mişcarea articulară în direcţia determinată de contracţia muşchiului respectiv. În acest fel, fusul muscular devine proprioceptorul care informează şi asupra poziţiei segmentelor în spaţiu.

A) **Inervaţia sensitivă**

Pe fibrele musculare intrafusale se află două tipuri de receptori sensitivi (fig. 3.20.).

a) Receptorul primar, o terminaţie sensitivă anulo-spirală alcătuită din fibre mielinizate ce se înfăşoară ca pe mosor, pe ambele tipuri de fibre intrafusale, în zona lor centrală.

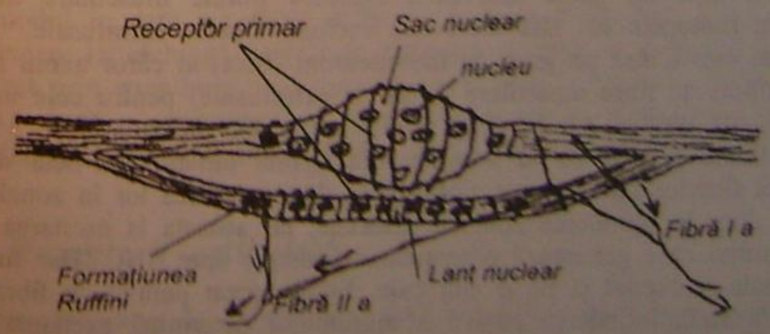


Fig. 3.20. – Aferenţele senzitive ale fusului muscular (după P. Sullivan).

De la aceşti receptori, pleacă fibre nervoase aferente tip A_I (I_a);

b) Receptorul secundar (eflorescenţa Ruffini) ca un buchet, mai mic, puţin mielinizat cu sediul mai spre periferia fibrei musculare, predominând pe fibra musculară cu lanţ nuclear. De la aceşti receptori, pleacă fibre nervoase de tip A_{II} (II_a).

Reamintim că nervii sensitivi (aferenţi) sunt grupaţi în 4 categorii (I-II-III-IV) în ordinea diametrului şi, respectiv, a vitezei de conducere. Astfel A_I are cel mai mare diametru şi, deci, viteza de conducere cea mai mare în timp ce A_{IV} are cel mai mic diametru şi viteza de conducere cea mai mică.

Fiecare fibră musculară intrafusală are între 8 şi 25 de aferenţe de tip A_I şi A_{II}. Nu toate fibrele musculare au aferenţe tip A_{II}, dar toate au aferenţe tip A_I.

Celula (soma) acestor aferenţe se află în ganglionul rădăcinii dorsale lângă măduvă.

B) **Inervaţia motorie** a fusului muscular este asigurată de motoneuronii gama medulari care trimit fibre eferente spre „plăcile terminale" neuronale. De la neuronii gama statici, eferenţele ajung la plăcile terminale din zona juxtaecuatorială a fibrelor intrafusale, iar eferenţele de la n.gama dinamici la plăcile terminale din zonele polare (fig. 3.21).

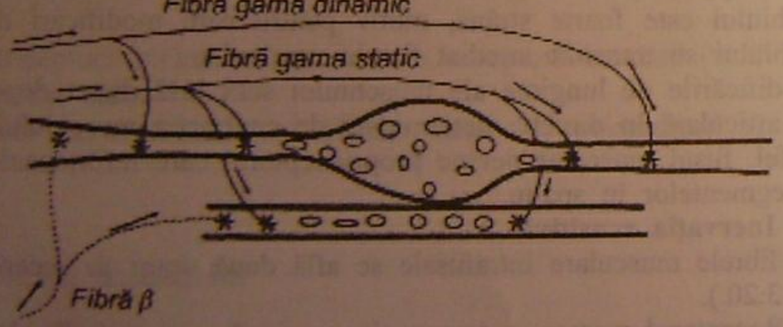


Fig. 3.21. – Eferenţele motorii ale fusului muscular (după P. Sullivan).

Deci neuronii gama inervează exclusiv fibrele musculare intrafusale după cum motoneuronii alfa inervează exclusiv fibrele extrafusale.

Mai există însă un grup de motoneuroni (beta) ai căror axoni inervează ambele tipuri de fibre musculare (intra/ şi extrafusale) pentru cele intrafusale având plăcile motorii tot în zona polară a fibrelor musculare.

Influxul nervos de la motoneuronii gama dinamic şi beta determină contracţia fibrelor intrafusale (miofibrilele) deci scurtarea lor în zonele polare, ceea ce duce la întinderea zonei ecuatoriale, iar aceasta la excitarea receptorilor sensitivi care generează potenţiale de acţiune spre SNC. Dar fusul muscular poate fi excitat şi pe o altă cale. Fiind aşezat paralel cu fibra musculară extrafusală întinderea pasivă a muşchiului determină excitarea receptorilor sensitivi intrafusali din zona ecuatorială (Vezi capitolul următor).

3.7.2. *Organul de tendon (Golgi)*

Este un receptor sensitiv simplu, căci nu are decât cale aferentă fără conexiuni eferente. Căile aferente ce pornesc de la el sunt fibre mielinice groase de tip Ib.

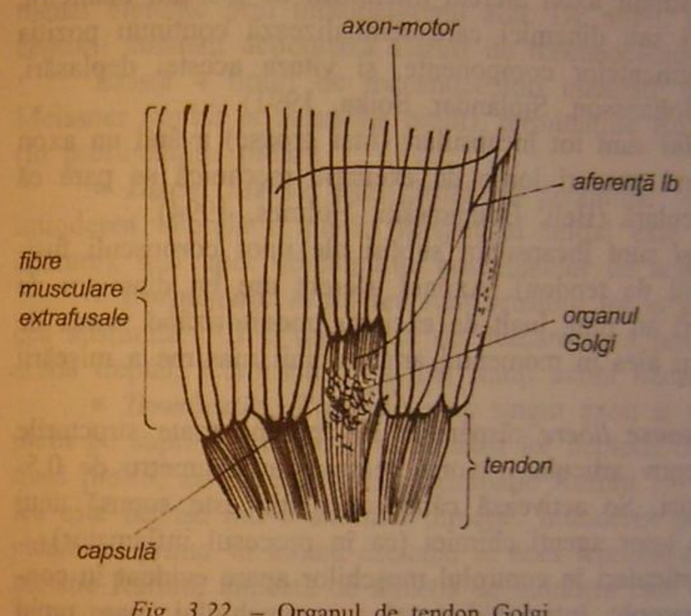


Fig. 3.22. – Organul de tendon Golgi.

Se prezintă ca un corpuscul de 0,5 mm înconjurat de o capsulă conjunctivă formată din fibroblaşti, plasat lângă joncţiunea tendon-muşchi (fig. 3.22).

Organul Golgi are în interior câteva bandelete de fibre de colagen care se ordonează în „serie" faţă de 15-20 de fibre musculare extrafusale cu care sunt în strânsă conexiune. Din acest motiv, orice contracţie a fibrelor extrafusale va determina o întindere a fibrelor colagenice din corpuscul care va excita terminaţiile sensitive intracapsulare. Aceste terminaţii sunt amielinice, dar după ce părăsesc organul Golgi reprezentând fibrele aferente Ib devin mielinizate.

Organul de tendon Golgi este considerat *Monitorul forţei musculare*.

Dacă un muşchi este întins pasiv sau activ (prin activarea fibrelor musculare) benzile colagenice ale capsulei organului Golgi irită terminaţiile sensitive declanşând un potenţial de acţiune aferent. Dar pentru a se obţine această iritare (excitare) trebuie să se atingă un anumit grad de forţă care este în funcţie de modul în care s-a făcut activarea fibrelor musculare. Dacă s-a făcut prin întindere (stretching) pasiv este necesară o forţă de 2 N (newton), dacă s-a realizat prin stretching activ este necesară doar o forţă de 30-90 mN (1N = 0,1 kg forţă – aproximativ). În mod obişnuit o contracţie puternică a muşchiului declanşează reflexul Golgi. A se vedea şi capitolul următor.

3.7.3. *Receptorii articulari*

Spre deosebire de cei doi receptori de mai sus aceştia nu reprezintă o entitate bine definită şi structurată. Ca localizare sunt răspândiţi în capsula

articulară, ligamente, ţesut conjunctiv moale. Ca tip de receptori sunt: terminaţiile Ruffini, terminaţiile Golgi, corpusculii Paccini, terminaţiile libere nervoase. De la aceştia pleacă fibre nervoase aferente care fac parte din toate cele 4 tipuri de fibre (I-II-III-IV).

• ***Terminaţiile Ruffini*** sunt reprezentate de 2-6 corpusculi globuloşi, subţiri, încapsulaţi cu un singur axon aferent mielinizat de 5-9 μm diametru. Sunt mecanoceptori statici sau dinamici care semnalizează continuu poziţia articulaţiei, deplasarea segmentelor componente, şi viteza acestei deplasări, presiunea intraarticulară (Johansson, Sjölander, Sojka, 1991).

• ***Corpusculii Paccini*** sunt tot încapsulări (mai groase) având un axon aferent de 8-12 μm. Având praguri joase de excitaţie mecanică se pare că detectează acceleraţia articulară (Bell, Bolanowski, Holmes, 1994).

• ***Terminaţiile Golgi*** sunt încapsulări subţiri ale unor corpusculi fusiformi (seamănă cu organul de tendon). Axonul aferent are un diametru de 13-17 μm. Aceşti receptori au prag înalt de excitaţie monitorizând starea de tensiune din ligamente mai ales în momentul amplitudinii maxime a mişcării articulare.

• ***Terminaţiile nervoase libere*** răspândite în aproape toate structurile reprezintă sistemul nociceptiv articular. Axonii acestora au diametru de 0,5-5 μm fiind cei mai subţiri. Se activează când articulaţia este supusă unui stress mecanic intens sau unor agenţi chimici (ca în procesul inflamator).

Rolul receptorilor articulari în controlul muşchilor apare evident în condiţiile patologice. Spre exemplu, într-o hidartroză a genunchiului apare rapid o scădere importantă a controlului cvadricepsului chiar în absenţa oricărei dureri (Stokes, Young, 1987). Această perturbare a controlului este dependentă de volumul lichidului intraarticular care conduce la o scădere a activităţii maxime a cvadricepsului cu 30-90%. Invers, îndepărtarea lichidului ameliorează mult activitatea muşchiului.

Un alt exemplu: ruptura ligamentului încrucişat duce la scăderea forţei cvadricepsului şi hamstringsului prin acelaşi mecanism al unor aferenţe articulare patologice (Grabiner, Koh, Andrish, 1992).

Studiile autorilor de mai sus au mai arătat că aferenţele sensitive de la aceşti receptori se răspândesc în tot SNC (măduvă, creier), dar efectul lor cel mai important se manifestă asupra motoneuronilor gama (şi mai puţin alfa), modulând activitatea fusului muscular şi mai puţin outputul motoneuronilor alfa.

3.7.4. *Mecanoceptorii cutanaţi*

Sunt exteroceptori care răspund la informaţiile venite din mediu şi care influenţează articulaţia. Mâna şi piciorul sunt segmentele de corp unde aceşti mecanoceptori joacă cel mai important rol.

Aşadar, spre exemplu, scăderea sensibilităţii acestor receptori la picior, care evoluează cu vârsta, explică perturbările posturale şi de mers la bătrâni. Idem în cazuri patologice la persoane tinere (Horak, Shupert, Mirka, 1989) sau scăparea din mână a obiectelor de către vârstnici.

Mecanoceptorii cutanaţi îşi duc informaţiile în SNC, determinând comenzi eferente prin motoneuronul alfa. De altfel, şi termoreceptorii şi nociceptorii cutanaţi acţionează alături de mecanoceptori în acelaşi sens.

Există 4 tipuri de mecanoceptori cutanaţi: discul Merkel, corpusculii Meissner (ambii la suprafaţa pielii), terminaţiile Ruffini şi corpusculii Paccini (în profunzimea pielii).

• ***Discul Merkel*** este „iritat" la presiunile verticale pe piele, nu şi la întinderea laterală a pielii. Răspunsul iniţial este foarte rapid (răspuns de apărare), mai apoi descărcările potenţialelor de acţiune devin lente.

• ***Corpusculii Meissner*** sunt sensibili tot la presiunea tegumentelor dar cea susţinută. Au o capacitate de descărcare a potenţialelor de acţiune care scade treptat. Corpusculii au mai mulţi axoni fiecare.

• ***Terminaţiile Ruffini*** au un singur axon şi sunt excitaţi de întinderea pielii pe suprafeţe mari. Sensibilitatea lor depinde de direcţia în care este întinsă pielea; astfel, o anumită terminaţie Ruffini va fi excitată doar când pielea este întinsă într-o anumită direcţie. Întinderea pielii pe direcţie perpendiculară cu prima va inhiba excitaţia în acea terminaţie, dar va excita o altă terminaţie Ruffini, inhibată de direcţia de întindere care a excitat prima terminaţie.

Dacă întinderea se menţine prelungit, răspunsul acestor terminaţii se adaptează şi scade sau dispare.

• ***Corpusculii Paccini*** sunt inervaţi tot de un axon. Sunt receptori voluminoşi. Sunt activaţi de schimbările rapide ale stimulilor presionali.

3.7.5. *Raportul între patologia receptorului sensitiv şi kinetoterapie*

În cadrul leziunilor sistemului nervos central, ca şi al celui periferic, prezenţa tulburărilor de sensibilitate alături de cele motorii, complică foarte mult starea pacientului şi creează mari dificultăţi programelor de recuperare funcţională mioarticulară.

Lipsită de feedbackul proprioceptiv mişcarea nu mai poate fi coordonată decât prin telereceptorul vizual. O astfel de coordonare nu va avea niciodată calităţile şi fineţea feedbackului pornit de la receptorii sensitivi ai „sistemului articulaţiei unice".

Din acest motiv, se acordă în kinetoterapie o atenţie specială exerciţiilor de coordonare, echilibru şi control.

În ceea ce priveşte receptorii cutanaţi, ei ridică şi o altă problemă. În leziunile de nervi sensitivi refacerea lor se realizează prin înmugurire (vezi

în continuare), muguri care ajung la tegumente după un timp variabil, şi de cele mai multe ori creând o hartă a noii sensibilităţi diferită de cea anterioară leziunii şi care a rămas înregistrată în SNC. Aşa se face că pacientul nu poate localiza exact o excitaţie a pielii, ceea ce creează dificultăţi şi uneori neplăceri mari.

Reeducarea SNC în vederea refacerii reprezentării noii hărţi sensitive este de asemenea o sarcină a kinetoterapiei despre care se va discuta în altă parte a acestei cărţi.

Capitolul 4

FUNCŢIONALITATEA „SISTEMULUI ARTICULAR SINGULAR"

4.1. *UNITATEA MOTORIE (UM)* 86
4.1.1. **Componenta neuronală a UM** 86
4.1.2. **Componenta musculară a UM** 88
4.1.3. **Tipurile de UM şi de fibre musculare** 90
4.2. *MEMBRANELE EXCITABILE* 92
4.2.1. **Potenţialele electrice** 92
4.2.1.1. *Potenţialul de steady-state* 93
4.2.1.2. *Potenţialul de acţiune* 94
4.3. *CUPLAREA EXCITAŢIE-CONTRACŢIE* 100
4.3.1. **Dezinhibiţia Ca^{++}** 100
4.3.2. **Ciclul punţilor transversale (Crossbridge)** 102
4.3.3. **Neurotrofism** 107
4.4. *FEEDBACKUL DE LA RECEPTORII SENSITIVI* 109
4.4.1. **Reflexul circuitar** 109
4.4.1.1. *Stretch-reflexul* 110
4.4.1.2. *Reflexul de tendon (reflexul Golgi)* 113
4.4.1.3. *Reflexul inhibitor de autofrânare (circuitul Renshow)* 115
4.4.1.4. *Reflexul inhibitor reciproc* 115
4.4.1.5. *Reflexul flexor şi reflexele extensoare opuse* 116
4.4.1.6. *Reflexul de spasm muscular* 117
4.4.1.7. *Reacţia pozitivă de sprijin* 117
4.4.1.8. *Reflexele de redresare* 117
4.4.1.9. *Reflexele tonice ale gâtului* 118
4.4.1.10. *Reflexele labirintice sau vestibulare* 118
4.4.1.11. *Reflexele de echilibrare (reacţiile de balans)* 119
4.4.1.12. *Reflexul H (Hoffmann)* 119
4.4.1.13. *Reflexul vibrator tonic* 120
4.4.2. **Reflexe şi mişcare** 121
4.4.2.1. *Rolul proprioceptorilor* 123
4.4.3. **Kinestezia** 124
4.4.3.1. *Kinestezia de poziţie şi mişcare* 124
4.4.3.2. *Kinestezia de efort şi greutate* 124
4.4.3.3. *Kinestezia timpului mişcărilor* 125

În capitolul anterior au fost descrise cele 7 structuri anatomice care formează „sistemul articular singular" adică elementele care iau parte la procesul de „mişcare" într-o articulaţie oarecare.

În acest capitol, ne vom ocupa de *cum* se realizează această mişcare la nivelul unei articulaţii, prin ce procese fiziologice complexe o comandă banală ca „îndoaie cotul" ajunge la nivelul cotului şi acesta o execută întocmai.

În ultimii câţiva ani s-au făcut progrese extraordinare asupra „fiziologiei mişcării" care au lămurit o mare parte din punctele obscure ale acestui adevărat miracol biologic care este mişcarea articulară.

Aşadar, acest capitol va analiza modalităţile în care structurile sistemului acţionează fiecare în parte şi toate la un loc pentru a produce mişcarea.

4.1. UNITATEA MOTORIE (UM)

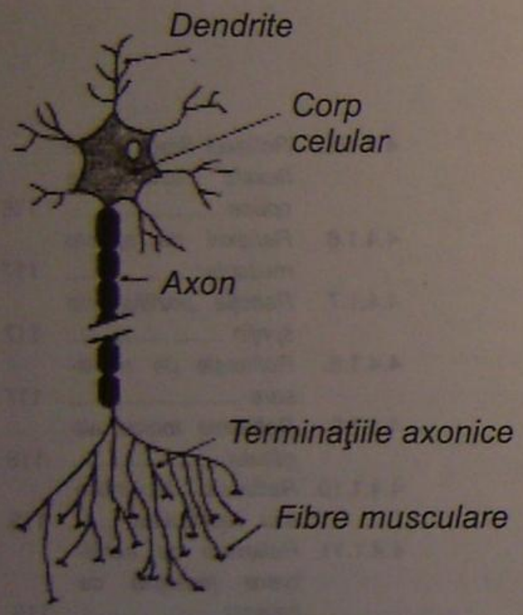


Fig. 4.1. – Unitatea motorie.

UM – considerată ca cea mai mică unitate funcţională neuromusculară – a fost descrisă în 1925 de către Liddel şi Sherrington. Este un complex neuromuscular format din neuron, dendritele lui, axonul său, terminaţiile acestuia şi totalitatea fibrelor musculare la care ajung terminaţiile acestui axon (fig. 4.1.).

Este evident că toate fibrele musculare ale UM se vor contracta în acelaşi timp.

Neuronul poate fi cel din cornul anterior medular sau cel cerebral motor. Un muşchi poate avea între 100 şi 1000 de UM. Deşi UM este o entitate anatomică, ea trebuie considerată mai ales un „concept fiziologic", iar în cele ce urmează se va expune tocmai acest concept.

4.1.1. Componenta neurală a UM

Această componentă se referă la celula neuronală, axon şi dendrite.

Aspectul morfologic al neuronului (dimensiunea lui) are un rol deosebit de important pentru funcţia lui. Mărimea neuronului este apreciată nu numai prin diametrul somei, ci şi prin mărimea suprafeţei ei, prin numărul de dendrite ca şi prin grosimea axonului.

După Hanneman (1957) există o perfectă corelare între mărimea neuronului şi excitabilitatea sa.

Aprecierea fenomenului de excitabilitate neuronală a fost realizată de Stuart şi Enoka (1983) prin microelectrozi introduşi în neuron pe baza unor parametri de răspuns celular precis. Astfel:

– ***Rezistenţa la input*** = adică rezistenţa electrică pe care celula o opune când se trimite un curent electric în celulă (prin microelectrozi). Se constată că motoneuronii mici opun o rezistenţă mai mare, deci sunt mai excitabili (prag ridicat de excitaţie).

– ***Reobaza*** = este o măsură directă a excitabilităţii căci ea reprezintă cantitatea de curent electric dată neuronului pentru ca acesta să genereze un potenţial de acţiune.

S-a constatat că motoneuronii mici au o reobază mică.

– ***Posthiperpolarizarea*** = este perioada de după trecerea potenţialului de acţiune când membrana celulară este mai puţin excitabilă chiar decât în condiţiile de repaus *(steady-state)*. Durata acestei perioade influenţează ritmul maxim la care un motoneuron poate genera potenţiale de acţiune.

Această perioadă este mult mai scurtă la neuronii mari.

S-a constatat că fibrele musculare rapide sunt inervate de motoneuronii mari, iar cele lente de motoneuronii mici.

Diametrul axonului are influenţă directă asupra vitezei de propagare a potenţialelor de acţiune. Astfel axonii cu diametrul mare (corespunzător motoneuronilor mari) au o velocitate mai mare de a conduce influxul nervos acesta ajungând la fibrele musculare cu contracţie rapidă.

În acest fel se poate afirma că motoneuronii mici sunt mai excitabili dar generează şi propagă potenţiale de acţiune la un ritm şi la viteză mai lentă decât motoneuronii mari.

Dendritele sunt calea principală a inputului celular (80% din informaţii vin pe această cale). Inputurile de la diferitele surse pot determina efecte variabile în ceea ce priveşte generarea de potenţiale de acţiune de către celulă.

Cu alte cuvinte se poate vorbi de *„sisteme de input"* având număr şi localizare de sinapse diferenţiate. Un astfel de „sistem de input" reprezintă un anumit tip de semnal care se transmite prin neuroni spre hilul axonic unde se va forma potenţialul de acţiune. Acest semnal este considerat ca fiind *„curentul sinaptic efectiv"* (Heckman şi Binder, 1991; Powers şi Rohinson, 1992).

Ceva mai sus s-a insistat pe excitabilitatea intrinsecă a motoneuronilor ca factor determinant al activităţilor acestora. Dar această activitate depinde şi de tipul de distribuţie al inputurilor căci s-a constatat că nu toate inputurile se distribuie uniform la totalitatea motoneuronilor.

Heckman şi Binder descriu 3 tipuri de distribuţie:

a) Un input mic, sărac spre motoneuronii mari – care determină cel mai mic „curent sinaptic efectiv", input venit pe calea aferenţelor de tip I_a de la fusul muscular;

b) Un input uniform răspândit la toţi motoneuronii, cu caracter inhibitor, care vine de la fusul muscular, muşchii antagonişti şi de la interneuronii inhibitori (celulele Renshaw).

c) Inputul mare, cel mai important, ce cuprinde motoneuronii mari vine de la etajele superioare (trunchiul cerebral, respectiv nucleul roşu) precum şi de la aferenţele receptorilor cutanaţi.

4.1.2. *Componenta musculară a UM*

O fibră musculară nu primeşte semnal excitator decât de la un singur neuron. Dar un neuron excită mai multe fibre musculare.

Raportul dintre un neuron şi numărul de fibre musculare pe care le inervează poartă numele de *„Raportul de inervaţie"* sau *„Coeficientul de inervaţie al UM"*. Raport mare înseamnă număr mic de fibre musculare (dintr-un muşchi) inervate de un axon. Rapoarte mari (1/10-1/15) au spre exemplu muşchii extraoculari. Muşchii care au rapoarte mari înseamnă că pentru a fi excitate în masă toate fibrele musculare ale lor sunt necesari mulţi neuroni. Aşa spre exemplu muşchiul drept extern ocular primeşte influxuri nervoase de la peste 4.000 neuroni.

Invers, rapoarte de inervaţie mici (1/300 – chiar 1/1900) înseamnă că acel muşchi este sub comanda unui număr mai mic de neuroni, câteva zeci sau sute.

Păstrând exemplul de mai sus, dreptul extern ocular care are circa 20.000 fibre musculare este inervat de 4000 neuroni, iar bicepsul brahial care are tot 20.000 fibre musculare este sub comanda doar a 50-60 de neuroni, adică în primul caz raportul fiind de 1/5, iar în al doilea de 1/333.

Cifra raportului ne arată şi în câte ramuri terminale se împarte axonul respectiv (în 5 la UM a muşchiului ocular şi în 333 de ramuri la UM a bicepsului).

Cu cât un muşchi va avea rapoarte de inervare mai mari (un axon va inerva mai puţine fibre) cu atât muşchiul respectiv va avea o activitate mai diferenţiată, mai fină.

S-a constatat că, pe măsură ce se avansează în vârstă, numărul de fibre musculare inervate de acelaşi neuron, aparţinând deci aceleiaşi UM creşte dacă raportul de inervaţie se face tot mai mic. Acest proces are la bază degenerarea treptată a motoneuronilor, cei rămaşi dezvoltând mai multe ramuri (înmugurind) pentru a prelua fibrele rămase fără inervaţie.

În 1991 Mc.Comas arată că acelaşi proces se petrece şi în scleroza laterală amiotrofică, atrofia musculară spinală, poliomielită, neuropatia diabetică, dar desigur la alte nivele de intensitate.

În general, fibrele musculare inervate de acelaşi neuron, aparţinând aceleiaşi UM, sunt grupate spaţial în aceeaşi zonă. Se spune că fac parte dintr-un singur compartiment neuromuscular.

Noţiunea de *„Compartiment neuromuscular"* introdusă în 1989 (Peters, Windhorst, Stuart) ridică o serie de aspecte în analiza funcţiei musculare căci demonstrează că muşchii au o schemă proprie de inervaţie.

Tipurile de fibre musculare sunt aceleaşi pentru un compartiment.

Descărcarea unei UM (output) determină contracţia fibrelor musculare respective, reprezentată prin *„secusă"*. Există rar o singură secusă, de obicei se formează o suită de secuse.

Dacă secusele se sumează rezultă *„tetanusul"*.

Figura 4.2. arată graficul unei secuse cu parametrii care o caracterizează:

– *timpul de contracţie* (tc) adică durata scursă din momentul începerii contracţiei şi până se atinge maximum de forţă a contracţiei sau forţa de vârf.

Este o măsură a vitezei de contracţie;

– *forţa de vârf* (sau de peak) (fv) este valoarea maximă a forţei de contracţie a secusei;

– *jumătatea timpului de relaxare* (jtr) reprezintă momentul în care forţa de vârf s-a redus la jumătate. Este o măsură a vitezei de decontracţie (relaxare) a muşchiului. În funcţie de mărimea tc se vorbeşte de „secuse lente" şi „secuse rapide".

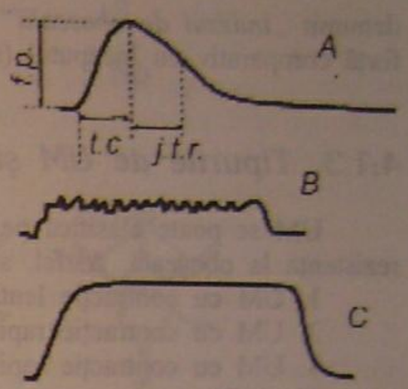


Fig. 4.2. – Secusă şi tetanus. *A* = secusă; *f.p.* = forţa de vârf; *t.c.* = timpul de contracţie; *j.t.r.* = jumătatea timpului de relaxare; *B* = tetanus nefuzionat; *C* = tetanus fuzionat.

Valorile tc ale secusei se exprimă în ms şi sunt dependente de 3 factori:

- variaţia în cantitatea enzimei miozin–ATP-ază;
- ritmul în care este eliberat şi reintrodus Ca^{++} din şi în reticulum sarcoplastic;
- de arhitectura muşchiului.

Aşadar, un stimul trimis de sistemul nervos determină în teritoriul UM o secusă. În fapt se trimit serii de stimuli, deci se determină serii de secuse. Dacă stimulii vin tot mai frecvent, fibrele musculare nu mai au timp să se relaxeze complet până la sosirea următorului stimul (jtr scade foarte mult) ceea ce face ca secusele să se sumeze şi să apară „tetanusul" care poate fi *tetanus nefuzionat* şi *tetanus fuzionat* (fig. 4.2, B şi C).

Când vorbim obişnuit de forţă musculară, de contracţie a UM (sau a muşchiului în general) ne referim de fapt la tetanusul fuzionat care realizează o forţă maximă de contracţie musculară.

Între forţa de vârf (fv) a secusei şi cea a tetanusului fuzionat există un raport denumit „raport secusă/tetanus" care variază între 1/1,5 şi 1/10. Deci forţa tetanusului fuzionat poate fi de 10 ori mai mare decât (fv) a secusei. Durata tetanusului este variabilă de la câteva sute ms până la câteva secunde. Contracţia tetanică poate fi repetată la diverse intervale.

Un tetanus prea prelungit, dar mai ales serii de contracţii tetanice care se succedă prea rapid, duc la oboseala musculară, adică la scăderea forţei tetanusului, progresivă, de la un tetanus la altul.

Capacitatea UM de a preveni această scădere de forţă reprezintă *„rezistenţa la oboseală"* şi variază atât cu tipul de fibre musculare ale UM respective, cu gradul de antrenament şi bineînţeles cu frecvenţa şi intensitatea contracţiilor tetanice. Această rezistenţă la oboseală a UM a fost preluată ca un „test" al activităţii musculare. Astfel, timpul scurs din momentul începerii activităţii musculare până la apariţia declinului de forţă a fost

4.1.2. *Componenta musculară a UM*

O fibră musculară nu primeşte semnal excitator decât de la un singur neuron. Dar un neuron excită mai multe fibre musculare.

Raportul dintre un neuron şi numărul de fibre musculare pe care le inervează poartă numele de *„Raportul de inervaţie"* sau *„Coeficientul de inervaţie al UM"*. Raport mare înseamnă număr mic de fibre musculare (dintr-un muşchi) inervate de un axon. Rapoarte mari (1/10-1/15) au spre exemplu muşchii extraoculari. Muşchii care au rapoarte mari înseamnă că pentru a fi excitate în masă toate fibrele musculare ale lor sunt necesari mulţi neuroni. Aşa spre exemplu muşchiul drept extern ocular primeşte influxuri nervoase de la peste 4.000 neuroni.

Invers, rapoarte de inervaţie mici (1/300 – chiar 1/1900) înseamnă că acel muşchi este sub comanda unui număr mai mic de neuroni, câteva zeci sau sute.

Păstrând exemplul de mai sus, dreptul extern ocular care are circa 20.000 fibre musculare este inervat de 4000 neuroni, iar bicepsul brahial care are tot 20.000 fibre musculare este sub comanda doar a 50-60 de neuroni, adică în primul caz raportul fiind de 1/5, iar în al doilea de 1/333.

Cifra raportului ne arată şi în câte ramuri terminale se împarte axonul respectiv (în 5 la UM a muşchiului ocular şi în 333 de ramuri la UM a bicepsului).

Cu cât un muşchi va avea rapoarte de inervare mai mari (un axon va inerva mai puţine fibre) cu atât muşchiul respectiv va avea o activitate mai diferenţiată, mai fină.

S-a constatat că, pe măsură ce se avansează în vârstă, numărul de fibre musculare inervate de acelaşi neuron, aparţinând deci aceleiaşi UM creşte dacă raportul de inervaţie se face tot mai mic. Acest proces are la bază degenerarea treptată a motoneuronilor, cei rămaşi dezvoltând mai multe ramuri (înmugurind) pentru a prelua fibrele rămase fără inervaţie.

În 1991 Mc.Comas arată că acelaşi proces se petrece şi în scleroza laterală amiotrofică, atrofia musculară spinală, poliomielită, neuropatia diabetică, dar desigur la alte nivele de intensitate.

În general, fibrele musculare inervate de acelaşi neuron, aparţinând aceleiaşi UM, sunt grupate spaţial în aceeaşi zonă. Se spune că fac parte dintr-un singur compartiment neuromuscular.

Noţiunea de *„Compartiment neuromuscular"* introdusă în 1989 (Peters, Windhorst, Stuart) ridică o serie de aspecte în analiza funcţiei musculare căci demonstrează că muşchii au o schemă proprie de inervaţie.

Tipurile de fibre musculare sunt aceleaşi pentru un compartiment.

Descărcarea unei UM (output) determină contracţia fibrelor musculare respective, reprezentată prin *„secusă"*. Există rar o singură secusă, de obicei se formează o suită de secuse.

Dacă secusele se sumează rezultă *„tetanusul"*.

Figura 4.2. arată graficul unei secuse cu parametrii care o caracterizează:

– *timpul de contracţie* (tc) adică durata scursă din momentul începerii contracţiei şi până se atinge maximum de forţă a contracţiei sau forţa de vârf.

Este o măsură a vitezei de contracţie;

– *forţa de vârf* (sau de peak) (fv) este valoarea maximă a forţei de contracţie a secusei;

– *jumătatea timpului de relaxare* (jtr) reprezintă momentul în care forţa de vârf s-a redus la jumătate. Este o măsură a vitezei de decontracţie (relaxare) a muşchiului. În funcţie de mărimea tc se vorbeşte de „secuse lente" şi „secuse rapide".

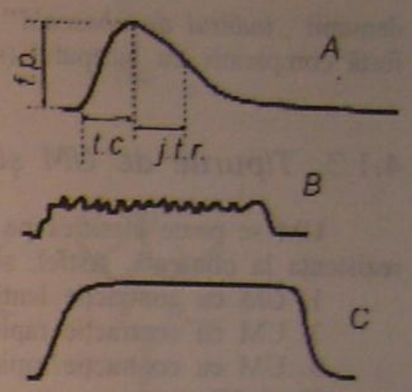


Fig. 4.2. – Secusă şi tetanus. *A* = secusă; *f.p.* = forţa de vârf; *t.c.* = timpul de contracţie; *j.t.r.* = jumătatea timpului de relaxare; *B* = tetanus nefuzionat; *C* = tetanus fuzionat.

Valorile tc ale secusei se exprimă în ms şi sunt dependente de 3 factori:

- variaţia în cantitatea enzimei miozin–ATP-ază;
- ritmul în care este eliberat şi reintrodus Ca^{++} din şi în reticulum sarcoplastic;
- de arhitectura muşchiului.

Aşadar, un stimul trimis de sistemul nervos determină în teritoriul UM o secusă. În fapt se trimit serii de stimuli, deci se determină serii de secuse. Dacă stimulii vin tot mai frecvent, fibrele musculare nu mai au timp să se relaxeze complet până la sosirea următorului stimul (jtr scade foarte mult) ceea ce face ca secusele să se sumeze şi să apară „tetanusul" care poate fi *tetanus nefuzionat* şi *tetanus fuzionat* (fig. 4.2, B şi C).

Când vorbim obişnuit de forţă musculară, de contracţie a UM (sau a muşchiului în general) ne referim de fapt la tetanusul fuzionat care realizează o forţă maximă de contracţie musculară.

Între forţa de vârf (fv) a secusei şi cea a tetanusului fuzionat există un raport denumit „raport secusă/tetanus" care variază între 1/1,5 şi 1/10. Deci forţa tetanusului fuzionat poate fi de 10 ori mai mare decât (fv) a secusei. Durata tetanusului este variabilă de la câteva sute ms până la câteva secunde. Contracţia tetanică poate fi repetată la diverse intervale.

Un tetanus prea prelungit, dar mai ales serii de contracţii tetanice care se succedă prea rapid, duc la oboseala musculară, adică la scăderea forţei tetanusului, progresivă, de la un tetanus la altul.

Capacitatea UM de a preveni această scădere de forţă reprezintă *„rezistenţa la oboseală"* şi variază atât cu tipul de fibre musculare ale UM respective, cu gradul de antrenament şi bineînţeles cu frecvenţa şi intensitatea contracţiilor tetanice. Această rezistenţă la oboseală a UM a fost preluată ca un „test" al activităţii musculare. Astfel, timpul scurs din momentul începerii activităţii musculare până la apariţia declinului de forţă a fost

denumit *„indexul de oboseală"* ce reprezintă pierderea procentuală finală de forţă comparativ cu începutul (se exprimă la % şi poate ajunge la 70-80%).

4.1.3. *Tipurile de UM şi de fibre musculare*

UM se poate clasifica pe baza a 2 criterii: capacitatea de contracţie şi rezistenţa la oboseală. Astfel, se descriu 3 tipuri de UM:

1. UM cu contracţie lentă şi rezistente la oboseală (Tip S);
2. UM cu contracţie rapidă şi rezistente la oboseală (Tip FR);
3. UM cu contracţie rapidă, dar care obosesc repede (Tip FF).

Tipul FF produce cea mai mare forţă (tipul S cea mai mică) având raportul de inervare şi fibrele musculare cele mai mari. Aceste UM au nu numai forţa secusei cea mai mare, dar şi timpul de contracţie cel mai scurt. Neuronul acestui tip de UM primeşte cele mai puţine aferenţe I_a.

Aşa cum a reieşit de mai sus, muşchiul este de fapt un amestec de cele 3 tipuri de UM ca şi de fibre musculare. Dar fiecare UM are acelaşi tip de fibre musculare, deci aceleaşi caracteristici fiziologice şi biochimice. Se spune că sunt omogene.

Figura 4.3. (după J. Wilmore şi J. Koegh) rezumă extrem de sugestiv diferenţele fiziologice şi histochimice ale celor 3 tipuri de UM şi fibre musculare. Se pot vedea:

– dimensiunile celulare ca şi numărul de aferenţe;
– forţa secusei şi curba oboselii (ex. FF are forţa de secusă cea mai mare, dar oboseşte şi cel mai repede);
– răspunsul neuronal la inputul aferent, adică valoarea potenţialului postsinaptic (ex. FF are cel mai mic răspuns având şi cele mai puţine aferenţe);
– cele 4 sisteme enzimatice (Miozin ATP-aza = M-ATP-ază; Miofibrilar ATP-aza după tratare cu acid preincubare = Ac-ATP-ază; sistem oxidativ = O_x; sistem glicolitic = glic.) care testează histochimic şi diferenţiază tipurile fibrelor musculare ale diferitelor UM.

Tentele (de la negru spre alb) indică mărimea densităţii acestor enzime (negru = cantitatea cea mai mare).

Diferenţierile enzimatice între fibrele musculare le împart în 3 categorii (FG = *fast twitch glicolitic;* FOG = *fast twitch oxidativ-glicolitic;* SO = *slow twitch oxidativ*).

Fibrele musculare pot fi clasificate în 3 categorii şi după cantitatea de miozin-ATP-ază în tip I şi tip II. Tipul I corespunde tipului SO (cu secusă lentă), iar tipul II (cu secusă rapidă) se împarte în II a şi II b pe baza unor reacţii chimice la pH de 4,3, II_a corespunzând tipului FOG, iar II_b tipului FG.

Ca regulă generală, fibrele musculare tip II au o suprafaţă de secţiune mai mare decât cele de tip I. Există însă excepţii care se cer explicate. Astfel în muşchii alergătorilor ca şi în trapezul mijlociu şi vastul lateral al femeilor, tipul I de fibre musculare au suprafaţa de secţiune mai mare. Reamintim că fibrele tip I sunt fibre tonice, iar cele tip II – fazice.

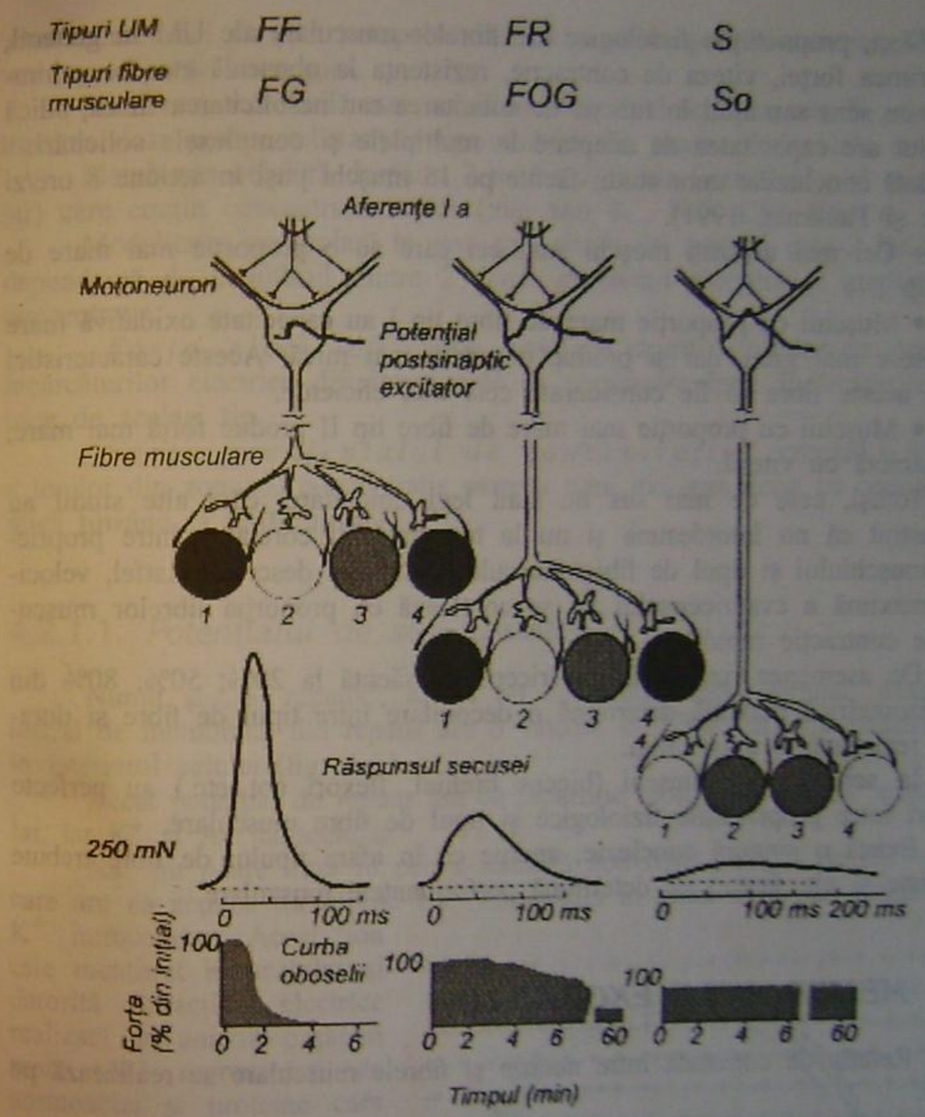


Fig. 4.3. – Date fiziologice şi histochimice asupra tipurilor de UM şi fibre musculare (după J. Wilmore şi J. Koegh).
1 = M-ATP-ază; *2* = AC-ATP-ază; *3* = O_x; *4* = glic.

Datele de fiziologie de mai sus au implicaţii funcţionale şi practice căci proporţia acestor tipuri de UM respectiv fibre musculare în muşchi depinde de ereditate, dar şi de utilizare, adică de antrenamentul fizic.

În 1983, Saltin şi Gollnick demonstrează că după câteva săptămâni de antrenament apar modificări ale proprietăţilor fibrelor musculare, ceea ce înseamnă schimbare de tipologie.

Invers, în condiţii patologice (ex. insuficienţă cardiacă) apar decondiţionări musculare datorită absenţei unui anumit nivel de activitate fizică care se traduce prin creşterea proporţiei de fibre tip II(b) (Sullivan şi Green, 1990).

Deci, proprietăţile fiziologice ale fibrelor musculare ale UM în general, ca mărimea forţei, viteza de contracţie, rezistenţa la oboseală etc., se schimbă într-un sens sau altul în funcţie de solicitarea sau nesolicitarea fizică, adică muşchiul are capacitatea de adaptare la multiplele şi complexele solicitări.

Iată concluziile unor studii făcute pe 15 muşchi puşi în acţiune 8 ore/zi (Brook şi Faulkner, 1991).

- Cei mai utilizaţi muşchi sunt cei care au o proporţie mai mare de fibre tip I.
- Muşchii cu proporţie mare de fibre tip I au capacitate oxidativă mare şi obosesc mai greu, dar şi produc o putere mai mică. Aceste caracteristici fac ca aceste fibre să fie considerate cele mai eficiente.
- Muşchii cu proporţie mai mare de fibre tip II produc forţă mai mare, se contractă cu viteză.

Totuşi, cele de mai sus nu sunt legi ubicuitare, căci alte studii au demonstrat că nu întotdeauna şi nu la toţi muşchii corelarea între proprietăţile muşchiului şi tipul de fibre musculare este cea descrisă. Astfel, velocitatea maximă a cvadricepsului nu se corelează cu proporţia fibrelor musculare de contracţie rapidă.

De asemenea, izometria cvadricepsului făcută la 20%; 50%; 80% din forţa izometrică maximă determină o decorelare între tipul de fibre şi durata de rezistenţă a muşchiului.

În schimb, alţi muşchi (biceps brahial, flexori cot etc.) au perfecte corelări între proprietăţile fiziologice şi tipul de fibre musculare.

Există o singură concluzie, anume că în afara tipului de fibre trebuie să existe şi alţi factori ce determină performanţele musculare.

4.2. *MEMBRANELE EXCITABILE*

Relaţia de comandă între neuron şi fibrele musculare se realizează pe 2 căi:

A. Prin intermediul potenţialelor de acţiune, cale rapidă, pe bază electrică;

B. Prin neurotrofism, cale lentă, pe bază chimică.

4.2.1. *Potenţialele electrice*

Interrelaţia neuron-muşchi se realizează prin *semnal electric* determinat de cele 2 membrane (axolema şi sarcolema) excitabile. O membrană excitabilă este formată din 2 straturi de lipide având fixate pe ele sau în interiorul lor proteine. Aceste proteine care reprezintă 50-70% din structura membranei sunt suportul receptorilor de membrană, a funcţiilor enzimatice, a canalelor membranei ca şi a pompelor. Aceste proteine permit stocarea, transmiterea şi eliberarea energiei.

Membrana excitabilă este considerată ca fiind semipermeabilă permiţând trecerea doar pentru substanţele liposolubile sau pentru moleculele mici.

Membrana celulară desparte 2 medii, 2 fluide (intracelular şi extracelular) care conţin concentraţii ionice (mai ales K^+, Na^+, Cl^-) diferite.

Modalitatea particulară în care sunt distribuiţi ionii în cele 2 fluide este dependentă de echilibrul dintre 2 forţe: gradienţii electrici şi gradienţii de concentraţie.

„Forţa electrică“ este creată de raportul forţelor de atracţie a încărcăturilor electrice diferite şi cele de respingere între încărcăturile electrice de acelaşi tip.

„Forţa gradientului de concentraţie“ creează o mişcare a ionilor din zona cu concentraţie mare a unui ion spre zona cu concentraţie mică tinzând la uniformizare.

4.2.1.1. *Potenţialul de steady-state*

Numit şi „de repaus“, acesta nu determină vreun semnal. Acest potenţial de membrană din repaus are o valoare de 60-90 mV cu negativitatea în interiorul celulei (fig. 4.4.).

Acest potenţial de repaus are ca repartiţie ionică: Na^+ şi Cl^- extracelular, iar K^+ şi A^- intracelular.

Na^+ nu poate intra în celule datorită activităţii pompei de Na^+ şi K^+ care are ca acţiune transportul Na^+ din celulă în afara ei şi de menţinere a K^+ intracelular. Acest ion este menţinut intracelular şi datorită atracţiei electrice realizată de anionii organici mari (A^-) reprezentaţi de aminoacizi şi proteine care nu pot trece prin membrana celulară semipermeabilă.

Prin fenomen electric Cl^- se concentrează extracelular (fig. 4.5.).

Cum se arată mai sus, această repartiţie ionică creează nişte forţe rezultate din efectele electrice şi chimice (de concentraţie) care se exercită asupra fiecărui ion extra- sau intracelular. În condiţiile de mai sus de

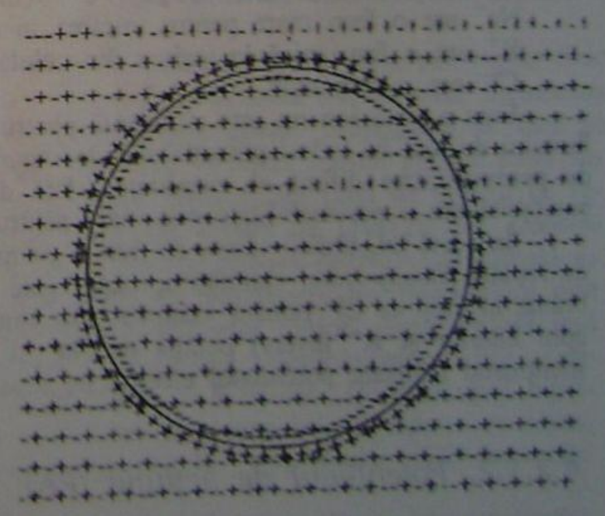


Fig. 4.4. – Distribuţia încărcării ionilor intra- şi extracelulari.

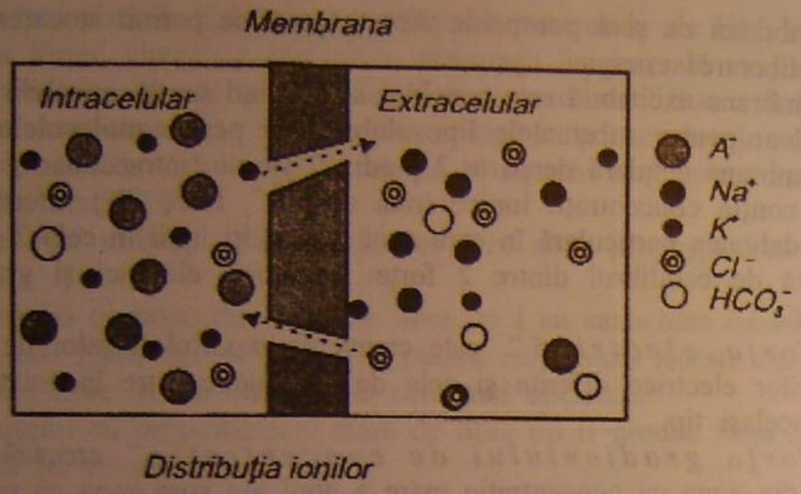


Fig. 4.5. – Distribuţia ionilor.

steady-state şi ţinând seama că membrana este electronegativă în interior, aceste forţe se manifestă astfel:

– Na^+ are un gradient de concentraţie care-l împinge spre interiorul celulei, la această forţă asociindu-se şi electronegativitatea interioară a membranei;

– K^+ este ţinut permanent spre interiorul celulei de către electronegativitatea membranei şi atracţia puternică a A^-, iar gradientul lui de concentraţie (cu exteriorul) fiind mic;

– Cl^- este direcţionat de încărcarea membranei spre exterior, iar gradientul chimic îl direcţionează invers.

Suma algebrică între forţa chimică şi electrică determină o rezultantă numită *„forţa netă de mişcare"* (fnm) a unui ion. Astfel:

Na^+ are o fnm mare pentru intrarea în celulă;

K^+ are o fnm mică la ieşirea din celulă;

Cl^- are o fnm nulă.

Fnm a unui ion nu este suficientă pentru a aprecia mărimea şi direcţia fluxului de ioni în cadrul potenţialului de *steady-state* căci intervine şi gradul de permeabilitate diferit al membranei, faţă de ioni. Se ştie că membrana excitabilă are o permeabilitate mai mare pentru K^+ şi mai mică pentru Na^+.

În acest fel, ţinând seama de fnm şi permeabilitate rezultă că în condiţii de repaus *(steady-state)* cantităţi aproape egale de Na^+ şi K^+ trec prin membrană, în timp ce Cl^- rămâne staţionar. Dar imediat ce ionii s-au mişcat (Na^+ spre interior şi K^+ invers) pompa de Na^+ şi K^+ îi readuce la locurile lor menţinând constant potenţialul electric de repaus, *steady-state.*

4.2.1.2. *Potenţialul de acţiune (PA)*

Reprezintă semnalul care va duce la activarea musculară. Deşi mai sus s-a discutat despre potenţialul de repaus ca un moment de *steady-state,* în

practică această stabilitate este doar aparentă căci distribuţia ionică se strică datorită modificărilor din membrană determinate chimic (prin neurotransmiţători) sau electric (prin variaţii ale potenţialului de membrană), iar aceste modificări au urmări imediate în permeabilitatea membranei.

Deteriorarea potenţialului de membrană de repaus se poate face în două sensuri:

– *Depolarizând* membrana prin trecerea ionilor negativi în afara celulei, iar cei pozitivi intrând în celulă. Membrana devine tot mai slab polarizată până la zero.

– *Hiperpolarizând* prin încărcare ionică negativă intracelular şi ionică pozitivă extracelular.

Depolarizarea se produce prin influxul masiv de Na^+ datorită modificărilor de permeabilitate ale membranei care devine de 500 ori mai propice trecerii Na^+ în celulă (creşte „conductanţa" Na^+). Acest proces aduce schimbări ale voltajului care la rândul lui măreşte şi mai mult conductanţa Na^+ care influenţează voltajul şi aşa mai departe.

Într-un alt capitol, s-a explicat că trecerea ionilor prin membrana celulară se face pe calea unor canale speciale preformate ale membranei care se închid şi se deschid pe baza unui mecanism intim deosebit de complex.

Trecerea ionilor prin aceste canale ale membranei creează 2 tipuri de potenţiale: *„potenţiale sinaptice"* şi *„potenţiale de acţiune"*, ambele având acelaşi mecanism, primele fiind un fel de precursoare ale celor de acţiune. Potenţialul de sinapsă apărând la intrarea fluxului ionic în membrană cu depolarizarea acesteia se va estompa odată cu răspândirea de-a lungul membranei, în timp ce potenţialul de acţiune se răspândeşte pe toată membrana având un sistem de autoregenerare cunoscut sub denumirea de „propagarea potenţialului de acţiune".

Potenţialul de acţiune generat de influxul de Na^+ este sub raport fizic ca o „pată" a membranei excitabile unde polaritatea s-a inversat, membrana devenind pozitivă în interior. De la această „pată" propagarea se face în cercuri concentrice (ca atunci când aruncăm o piatră într-un lac) pe toată suprafaţa membranei determinând o rapidă depolarizare (faţă de nivelul de repaus). Potenţialul de acţiune (fig. 4.6.) are valoare de 110-120 mV. Depolarizarea dată de penetrarea (influxul) rapidă şi masivă de Na^+ este urmată de repolarizare, adică revenirea spre starea de polarizare din *steady-state* prin efluxul de K^+ care caută restabilirea echilibrelor ionice. Acest proces însă depăşeşte nevoile de reechilibrare determinând hiperpolarizarea, căci „conductanţa" K^+ rămâne mai crescută decât ar fi nevoie. De abia apoi hiperpolarizarea se estompează ajungându-se la potenţialul de repaus cu ajutorul pompelor de Na^+ şi K^+ care returnează Na^+ extracelular şi K^+ intracelular.

După ce s-a schiţat procesul general de formare şi propagare a potenţialelor de acţiune vom amănunţi acest proces expunând fenomenele care se petrec atât la nivelul membranei excitabile neuronale cât şi la acea musculară.

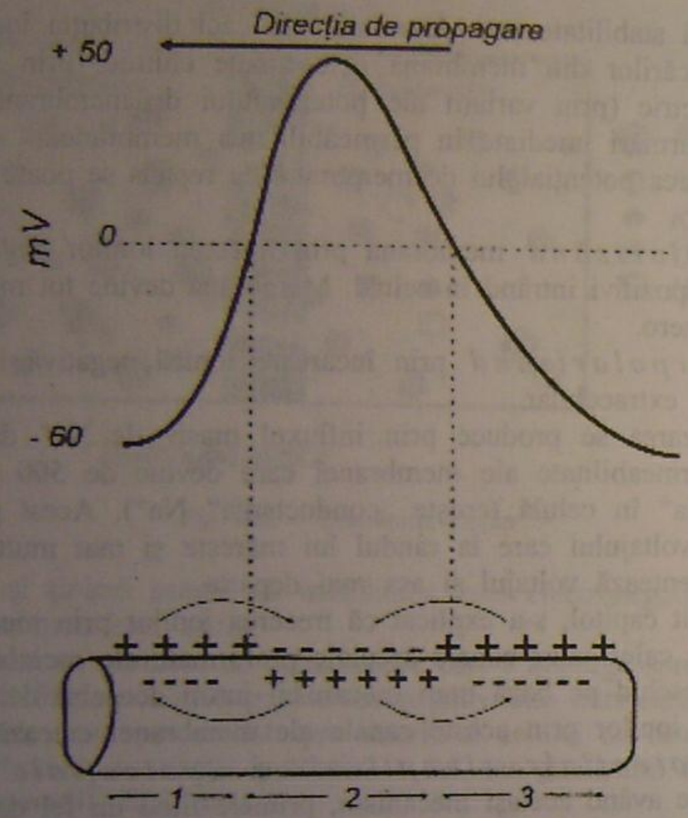


Fig. 4.6. – Propagarea potenţialului de acţiune.

4.2.1.2.1. *Potenţialul de acţiune neuronal (axonal)*

Se realizează ca urmare a inputurilor (excitaţiilor) primite de neuron prin cele cca 10.000 sinapse, de la cele mai diverse surse (centrii supraspinali, interneuroni, receptori sensitivi). Aceste sinapse sunt localizate atât pe corpul celular cât şi la nivelul dendritelor.

O excitaţie primită de neuron va genera un *„potenţial de sinapsă"* (PS) (precursor al potenţialului de acţiune aşa cum s-a văzut). PS poate avea caracter excitator sau inhibitor şi poate depolariza sau hiperpolariza postsinaptic neuronul. PS inhibitor se datorează creşterii conductanţei ionilor mici (K^+ şi Cl^-). Generarea PS este realizată de eliberarea unui neurotransmiţător la nivelul sinapsei.

PS „călătoreşte" de-a lungul membranei neuronului, pierzând treptat din amplitudine şi ajungând astfel la nivelul „hilului axonului" (hillock), unde atinge cea mai scăzută valoare. La acest nivel, se generează potenţialul de acţiune neuronal (PAN), dar pentru aceasta este necesară sumarea mai multor PS care să atingă „pragul" de formare al PAN. Acest prag este reprezentat de o creştere cu 10-15 mV a nivelului potenţialului de membrană peste valoarea de *steady-state.*

PAN este o comandă electrică care ascultă de *„legea totului sau nimicului"* adică dacă se atinge pragul apare imediat PA care se va transmite prin depolarizarea în cascadă a membranei axonale ca un „curent de acţiune"; dacă nu se atinge pragul nu apare nici un fel de PAN. Deci, nu putem spune că există mărimi diferite de PAN (legea totului sau nimicului) în funcţie de intensitatea stimulilor (inputului) sosit la neuron. Intensitatea acestor stimuli se va traduce prin frecvenţa PA cum se va mai discuta.

Dar trebuie precizat că stimulii continui din neuron deşi nu generează PAN căci sunt sub pragul de 10-15 mV, totuşi creează o stare de excitabilitate crescută a motoneuronului în jurul valorii de *steady-state* ceea ce de fapt înseamnă că nu există un potenţial „de repaus" propriu-zis.

În partea generală a acestui subcapitol s-a subliniat faptul că există două tipuri de „forţe" care asigură propagarea influxului.

PS este generat şi transmis datorită gradientelor de concentraţie ionică (conductanţă ionică), în timp ce PA se transmite prin gradient electric (conductanţă de voltaj).

4.2.1.2.2. *Potenţialul de acţiune muscular*

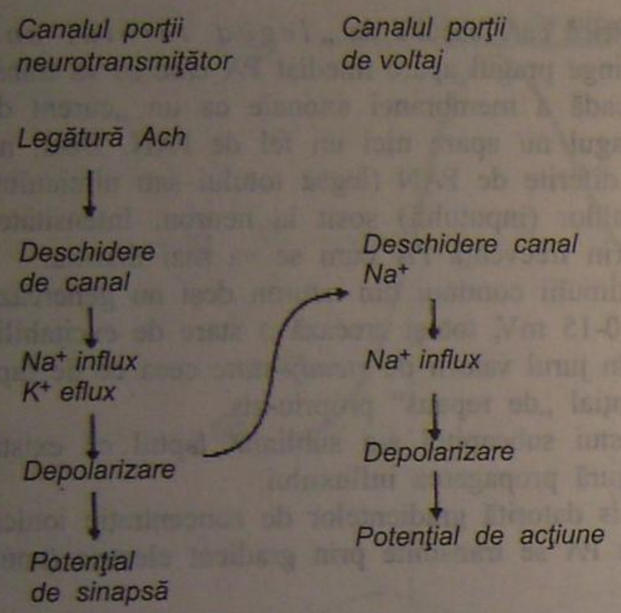
Aşa cum s-a amintit PAN se propagă de-a lungul axonului până la butonul sinaptic (punctul terminal îngroşat al nervului). Această deplasare se realizează prin acelaşi mecanism al depolarizării membranei axonale cu inversarea polarităţii (pozitiv în interior şi negativ în exterior), depolarizare care, la nervii cu mielină, se face în salturi (conducţie saltatorie) de la o strangulare Ronvier la alta *(curenţi internodali Tasaki)* sau, la nervii fără mielină, sub formă continuă *(curenţii locali Hermann).* În primul caz, viteza de deplasare (în ms.) este de 6 ori diametrul fibrei (în microni) respectiv pentru fibre tip A (de 10-20 μ) influxul nervos are o viteză de 60-120 m/s. În al 2-lea caz, viteza este mult mai mică (0,5-2 m/s).

PA axonale ajung la sinapsă sub formă de impulsuri repetitive cu pauze între ele de 20-100 ms.

Procesele presinaptice

„Unda de negativitate", de depolarizare (influxul nervos) ajunge astfel la butonul terminal al axonului (partea presinaptică a sinapsei neuromusculare), depolarizându-i membrana. Acest proces deschide poarta (canalul) de penetrare din mediul extracelular Ca^{++} (poartă sensibilă la voltajul potenţialului electric). Dar în fluidul extracelular există o concentrare de Ca^{++} mai mare decât în butonul terminal. Penetrarea Ca^{++} se va face deci şi prin gradient de concentrare. În momentul în care se atinge un anumit nivel de Ca^{++} se produce ruperea veziculelor din butonul terminal, plin de acetilcolină, aceasta trecând în spaţiul sinaptic. Există cam 10 000 de molecule de acetilcolină într-o veziculă, acest pachet de molecule fiind denumite „quanta".

Un potenţial de acţiune neuronal eliberează cca 100-200 quante de acetilcolină. Trebuie însă menţionat că şi în stare de repaus la nivelul pre-



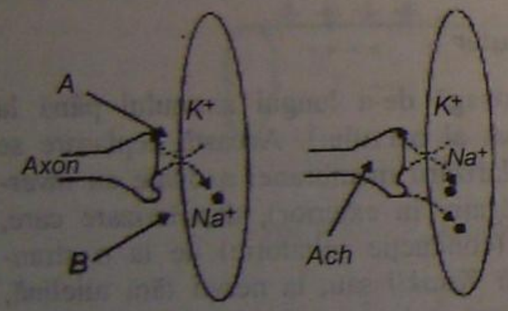


Fig. 4.7. – Activarea porţilor canalelor membranelor excitabile. *Ach* = acetilcolină; *A* = poarta canalului Ach; *B* = poarta canalului de voltaj (după E. Kandel şi S. Siegelbaum).

sinaptic apare în mod spontan câte o quantă acetilcolinică în afara vreunui stimul. Această emisiune de neurotransmiţător va determina, aşa cum se va mai discuta, o miniatură de potenţial de sinapsă care nu are puterea de a excita muşchiul. Sunt „potenţialele miniaturale de placă terminală" cu amplitudine de cca 0,7 mV pentru fibrele musculare rapide şi de 1,9 mV pentru cele lente. Aceste potenţiale miniaturale fac ca şi potenţialul de steady-state al membranei postsinaptice să varieze continuu în jurul unei valori medii ca şi la membrana postsinaptică a neuronului.

Procesele postsinaptice

Moleculele de acetilcolină pătrund în fanta sinovială difuzând spre membrana postsinaptică musculară. Această membrană conţine receptori pentru acetilcolină (ach). Când 2 molecule de ach se fixează pe aceşti receptori se deschid canalele de Na^+ şi K^+ ale membranei musculare. Fig. 4.7. şi fig. 4.7. bis arată modalitatea deschiderilor canalelor cu penetrarea Na^+ şi ieşirea K^+ din celula musculară.

Această mişcare ionică va genera un potenţial de sinapsă (PS) numit *„potenţial de placă terminală"* (PPT).

Contactul ach cu receptorii durează aproximativ 1 msec, timp în care ach este inactivată de acetilcolinesterază şi este desfăcută în acetat şi colină, care sunt preluate din nou de butonul neuronal terminal şi resintetizată acetilcolina.

La nivelul membranei postsinaptice PPT-ul are o slabă forţă de depolarizare a sarcolemei, dar suficientă pentru a deschide porţile de Na^+ electrice (de voltaj) ale acesteia.

Depolarizarea sarcolemei creşte apropiindu-se de prag, adică de momentul în care PPT se transformă în PA şi va invada celula musculară (membrana sarcolemală).

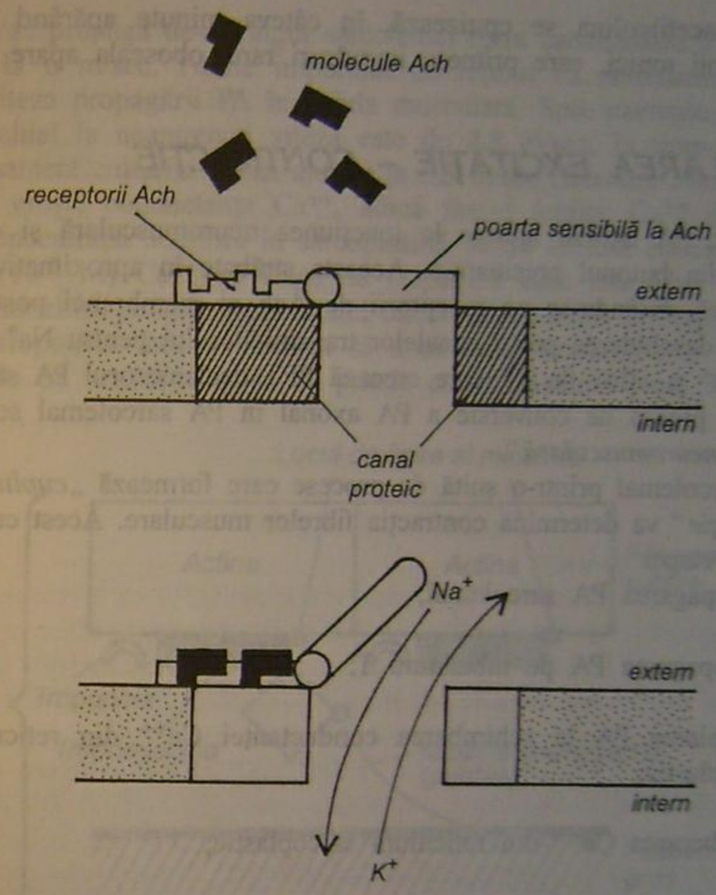


Fig. 4.7. bis – Acţiunea acetilcolinei (Ach) la nivelul sinapsei: *A.* Sinapsa neactivată; *B.* Sinapsa activată de Ach (după C. G. Matthews).

Se observă deci şi la acest nivel, ca şi la nivelul neuronului, că PA apare pe baza forţelor electrice (conductanţa de voltaj), în timp ce potenţialele precursoare (PS sau PPT) apar pe baza forţelor de concentraţie ionică (conductanţă ionică) prin intermediul unui neurotransmiţător care deschide poarta canalelor membranei prin care pot penetra ionii.

Figura 4.7. reprezintă o schemă a modului de deschidere a celor 2 tipuri de porţi de canale (prin neurotransmiţător şi prin voltaj).

Dacă la nivel neuronal am văzut că PS nu generează PA decât prin sumări necesare atingerii pragului, la nivelul sinapsei neuromusculare PPT (care este tot un PS) se transformă în PA în raport de unu cu unu. Fiecare PPT generează un PA. Doar în condiţii de oboseală musculară acest raport se strică. Cauza este epuizarea neurotransmiţătorului.

Excitarea membranei postsinaptice cere milioane de molecule de acetilcolină. Depozitul de acetilcolină este suficient pentru cca 10 000 de stimuli. Se înţelege uşor că pentru muşchii fazici (albi) care primesc stimuli frecvenţi

(50-60 c/s) acetilcolina se epuizează, în câteva minute apărând oboseala. Pentru muşchii tonici, care primesc impulsuri rare, oboseala apare greu.

4.3. CUPLAREA EXCITAŢIE – CONTRACŢIE

Aşadar, PA axonal ajunge la joncţiunea neuromusculară şi eliberează acetilcolină din butonul presinaptic. Aceasta străbate în aproximativ 100 ms fanta sinaptică, fixându-se pe receptorii de Ach ai membranei postsinaptice, determinând deschiderea porţii canalelor transmiţătorului pentru Na^+ şi K^+ cu influx de Na^+ şi eflux de K^+ care creează PPT declanşatorul PA sarcolemal. Acest întreg proces de conversie a PA axonal în PA sarcolemal se numeşte *„propagare neuromusculară"*.

PA sarcolemal printr-o suită de procese care formează *„cuplingul excitaţie-contracţie"* va determina contracţia fibrelor musculare. Acest cupling are următoarele etape:

1. propagarea PA sarcolemal;
↓
2. propagarea PA pe tubulatura T;
↓
3. cuplarea PA la schimbarea conductanţei Ca^{++} din reticulum sarcoplastic;
↓
4. eliberarea Ca^{++} din reticulum sarcoplastic;
↓
5. reabsorbţia Ca^{++} în reticulum;
↓
6. legarea Ca^{++} de troponin;
↓
7. interacţiunea miozină-actină.

Etapele acestea au de fapt la bază nişte procese intracelulare bine precizate pe care le descriem în continuare.

4.3.1. *Dezinhibiţia Ca^{++}*

În stare de repaus filamentele de actină şi miozină sunt blocate de a intra în contact datorită acţiunii proteinelor troponin şi tropomiozină neactivate datorită stocării Ca^{++} în reticulumul sarcoplastic („inhibiţia" Ca^{++}).

Primum movens va fi reprezentat de activarea Ca^{++} sau dezinhibiţia lui (inhibiţia inhibiţiei Ca^{++}). De fapt, primele 6 etape din suita de mai sus au tocmai rolul să realizeze această dezinhibiţie a Ca^{++} cu eliberarea lui din reticulum sarcoplastic (din cisternele canalelor T).

PA se propagă de-a lungul sarcolemei (prin canaliculele T) cu o viteză de până la 6 m/sec. Foarte important de reţinut că antrenamentul face să crească viteza propagării PA în celula musculară. Spre exemplu, în muşchiul biceps brahial la neantrenaţi viteza este de 2,8 m/sec, în timp ce la cei ce fac antrenament culturist viteza ajunge la 5,5 m/sec (Kereshi, Manzano, 1983).

PA creşte conductanţa Ca^{++}, adică fluxul ionilor Ca^{++} din reticulum mărind concentraţia acestora în sarcoplasmă. Când această concentraţie atinge un prag (10^{-7} M) Ca^{++} se leagă de troponină care lasă liber locul de legătură a miozinei pe actină permiţând interacţiunea celor 2 filamente. Legarea Ca^{++} de troponină face ca aceasta să deblocheze tropomiozina de la nivelul ferestrei de pe actină unde se va prinde capul miozinei (vezi fig. 4.8.).

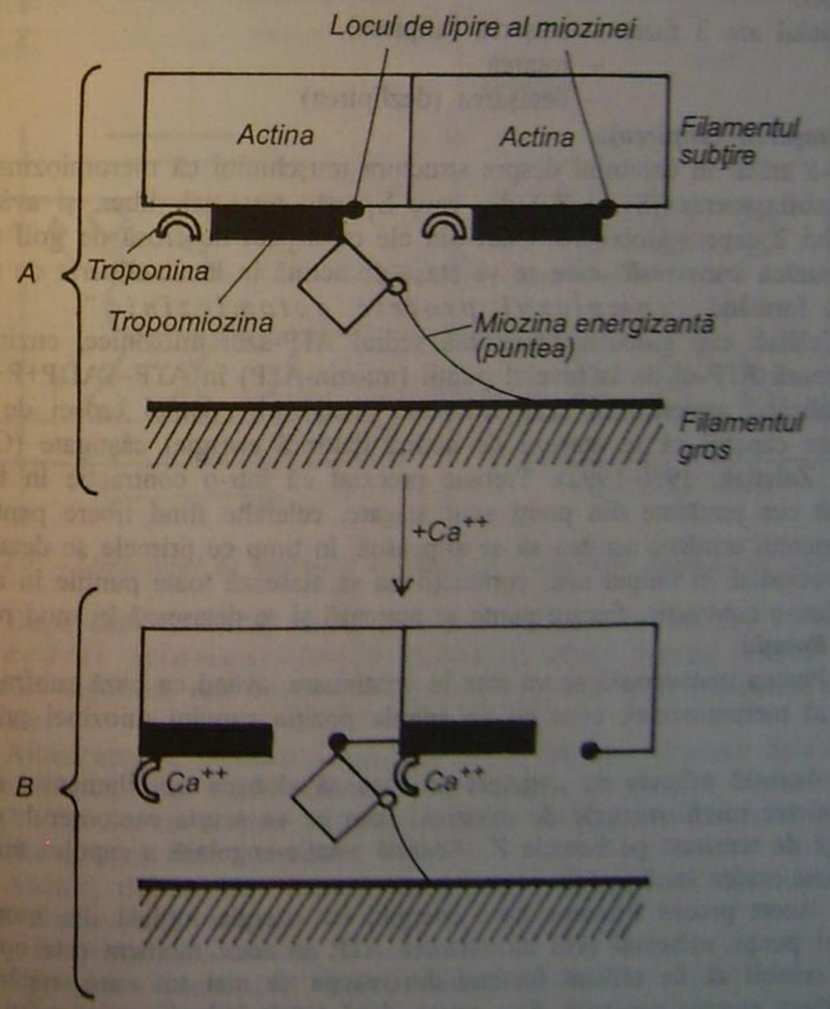


Fig. 4.8. – Rolul Ca^{++} în legarea miozinei de actină.
A – stare de repaus; *B* – activarea troponinei (după C. G. Matthews).

Odată PA sarcolemal trecut, Ca^{++} va reintra în reticulum datorită pompei de Ca^{++} ataşată membranei acestuia.

Viteza de reîntoarcere a Ca^{++} în reticulum determină viteza scăderii de forţă după încetarea PA.

Oboseala după o activitate musculară susţinută se datorează şi prelungirii timpului de reintrare a Ca^{++} în reticulum căci scade activitatea pompei de Ca^{++}.

4.3.2. *Ciclul punţilor transversale (crossbridge)*

Acest ciclu se referă la interacţiunea actinei cu miozina în procesul contracţiei.

Ciclul are 3 faze: – ataşarea (alipirea)
– rotarea
– detaşarea (dezlipirea)

Ataşarea (alipirea)

S-a arătat în capitolul despre structura muşchiului că meromiozina grea are 2 subfragmente (S_1 şi S_2) din care S_1 este terminal, liber, şi având la rândul lui 2 capete globulare. Unul din ele cu aspect de crosă de golf reprezintă „puntea transversă" care se va ataşa de actină în locul eliberat de tropomiozină formând *„complexul proteic actomiozinic"*.

Celălalt cap globular reprezintă sediul ATP-azei miozinice, enzimă ce hidrolizează ATP-ul de la nivelul punţii (miozin-ATP) în ATP→ADP+P+energie, realizând aşa-numitul „cap miozinic energizant" (capul crosei de golf) care este capabil să se ataşeze de actină datorită energiei câştigate (Cooke, Lieber, Zahalak, 1990-1992). Trebuie precizat că într-o contracţie în fiecare moment cca jumătate din punţi sunt ataşate, celelalte fiind libere pentru ca în momentul următor acestea să se alipească, în timp ce primele se detaşează. Deci, niciodată în timpul unei contracţii nu se ataşează toate punţile în acelaşi timp. Într-o contracţie, fiecare punte se ataşează şi se detaşează în mod repetat.

Rotaţia

Puntea transversală se va rota în continuare, având ca bază subfragmentul 2 al meromiozinei, ceea ce va angula poziţia capului miozinei prins de actină.

Această mişcare de angulare va face să alunece miofilamentul de actină printre miofilamentele de miozină, ceea ce va scurta sarcomerul, creând o forţă de tensiune pe benzile Z. Această rotaţie-angulară a capului miozinic se poate vedea în fig. 4.9.

Acest proces mecanic cere energie, iar energia iniţială din momentul alipirii punţii, eliberată prin hidrolizarea ATP, în acest moment este epuizată. Este posibil să fie utilizat fosfatul din reacţia de mai sus care, rupându-se, ar elibera energia necesară. Sau, poate, după teoria hidrodinamică a lui Lymn şi Taylor, ar exista un mecanism de hidroliză a actomiozin-ATP-azei, enzimă locală specifică.

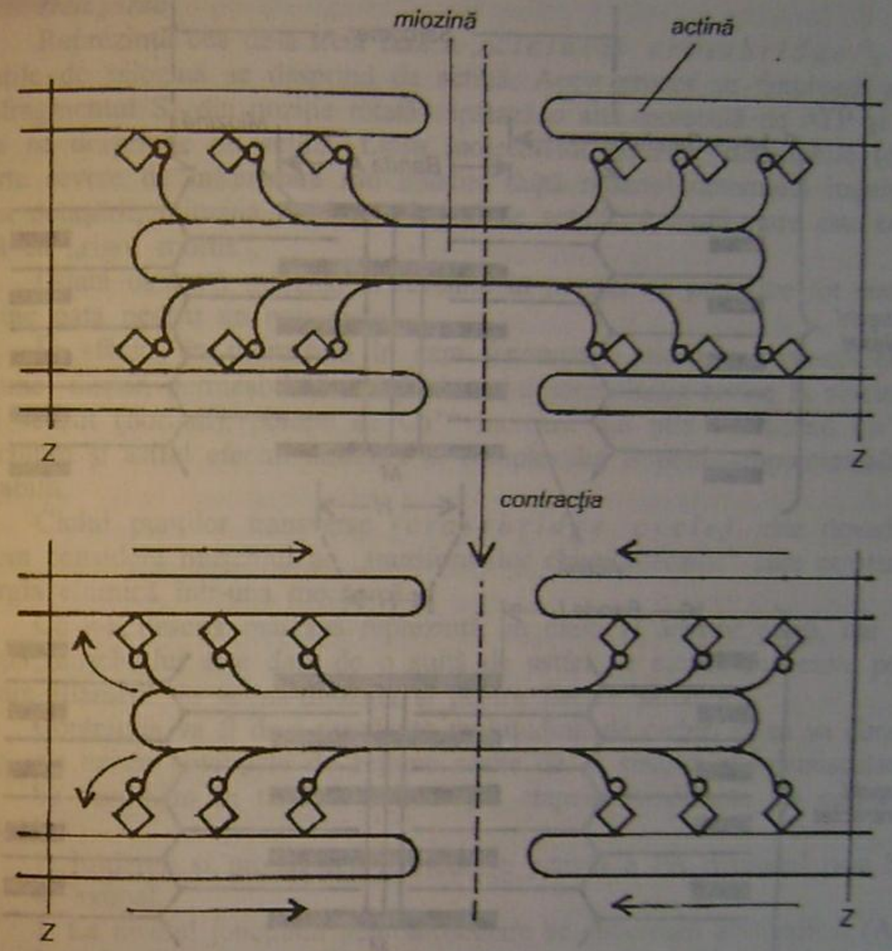


Fig. 4.9. – Mecanismul de scurtare a sarcomerului în contracţie (după C. G. Matthews).

După cum se vede, teoria ceva mai veche a lui Huxley *(„teoria alunecării filamentelor")* rămâne în ultimă analiză valabilă numai că a fost explicată mai recent prin procesele intime care realizează această alunecare.

Alunecarea se produce desigur la nivelul fiecărui sarcomer de-a lungul unei miofibrile, forţa fiind transmisă de-a curmezişul capetelor fiecărei miofibrile (liniile Z), ca şi prin matricea (ţesutul conjunctiv) din jurul fiecărei miofibrile şi apoi fibre musculare.

Atenţie, trebuie bine înţelese modificările în sarcomer determinate de această alunecare. Şi anume:
– lungimea sarcomerului se scurtează;
– lungimea benzii „A" rămâne constantă;
– lungimea benzii „I" se scurtează;
– lungimea benzii „H" se scurtează;
– lungimea miofilamentului rămâne constantă.

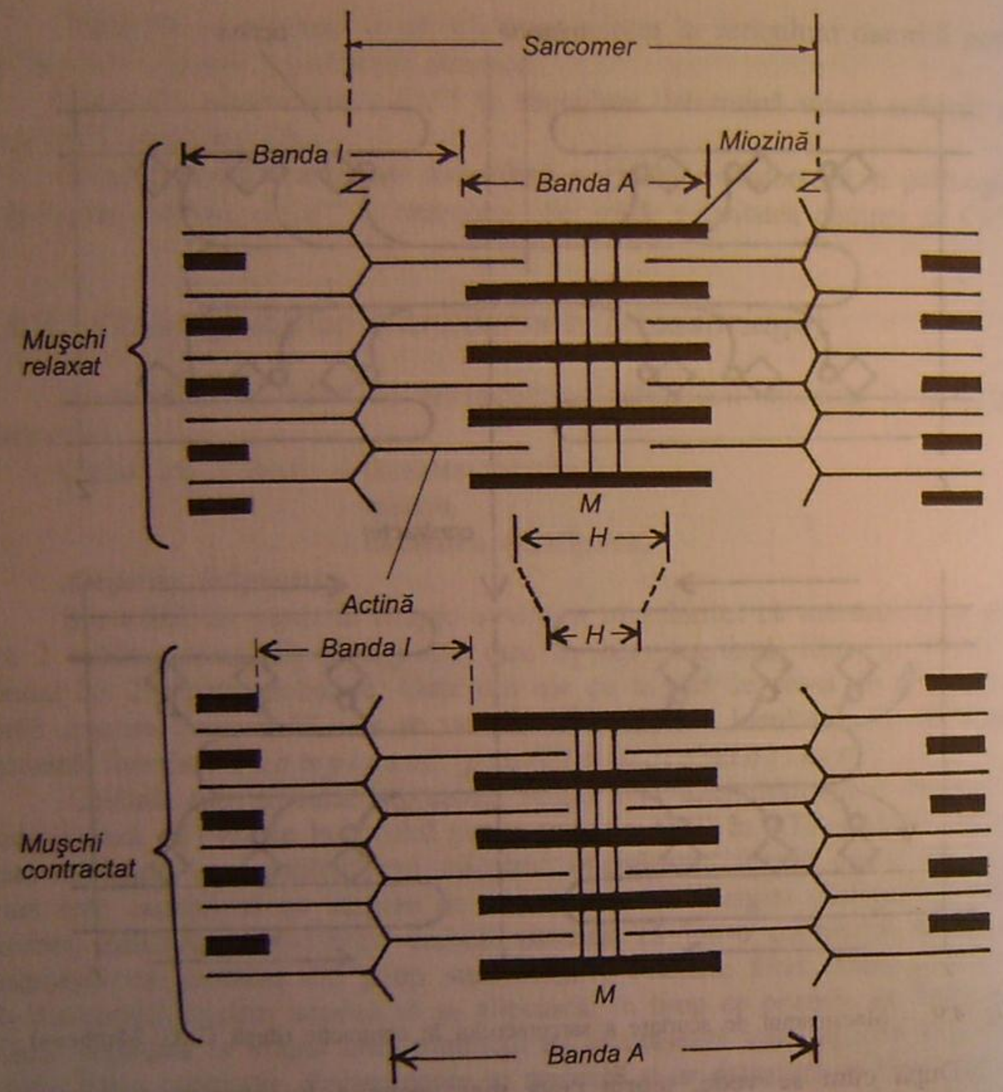


Fig. 4.10. – Scurtarea sarcomerului în contracţie.

Fig. 4.10 rezumă grafic aceste schimbări.

Forţa exercitată de muşchi este datorată ciclurilor paralele (dar nu şi sincrone) ale multor punţi transversale determinate de dezinhibiţia Ca^{++}.

Trebuie făcută o precizare terminologică pentru a nu se crea confuzii. Se spune „filamentele contractile" (actina, miozina), dar ele *nu* sunt contractile căci nu se scurtează, doar alunecă unele printre celelalte. Singurul element contractil al muşchiului este doar miofibrila.

Din cele de mai sus se poate înţelege substratul biologic al contracţiei musculare care reprezintă „o conversie a energiei chimice într-una mecanică", iar contracţia musculară s-ar putea defini ca: „starea de activare a muşchiului în care punţile transversale ciclează ca răspuns la un potenţial de acţiune".

Detaşarea

Reprezintă cea de-a treia fază a *„ciclului crossbridge"*, când punţile de miozină se desprind de actină. Acest proces se derulează astfel: subfragmentul S_1 din poziţie rotată captează o altă moleculă de ATP şi miozina se desprinde de actină. Lipsa moleculelor de ATP disponibile (cazuri foarte severe de înfometare sau imediat după moarte) determină imposibilitatea detaşării, miozina rămânând legată de actină. Această stare este cunoscută ca „rigor mortis".

Odată detaşată miozina şi revenită în poziţia de prerotare tot sistemul devine gata pentru un nou ciclu.

În sfârşit, în momentul în care fenomenele electrice (potenţialele de acţiune) dispar, permeabilitatea reticulumului sarcoplastic revine la nivelul cel mai scăzut (normal), pompa de Ca^{++} lucrează din plin readucând Ca^{++} în reticulum şi astfel efectul inhibitor al complexului troponin-tropomiozină este restabilit.

Ciclul punţilor transverse *(crossbridge cycle)* este dovada că putem considera muşchiul un „transformator chimiomecanic" care converteşte energia chimică într-una mecanică.

Ce s-a descris mai sus reprezintă un ciclu al acestor punţi, dar contracţia muşchiului este dată de o suită de astfel de cicluri succesive pentru fiecare filament de actină-miozină şi pentru fiecare sarcomer.

Contracţia va fi deci rezultanta multitudinii de cicluri şi ea va dura cât timp vor exista potenţiale de acţiune sosite de la sinapsa neuromusculară.

Să rezumăm în tabloul de mai jos etapele importante ale contracţiei musculare:

1. Iniţierea şi propagarea (conducere activă) a PA neuronal prin hilul
↓ axonal.
2. La nivelul joncţiunii neuromusculare se eliberează acetilcolină (Ach).
3. Ach creşte permeabilitatea membranei postsinaptice (sarcolema) pen-
↓ tru Na^{++} şi K^{+} care activează poarta canalelor de transport ionic, ceea ce generează PPT.
4. PPT va activa canalele porţilor de voltaj depolarizând sarcolema şi
↓ creând PA sarcolemal.
5. PA invadează sarcolema penetrând în sistemul tubilor T (cisterne).
↓
6. La nivelul cisternelor PA creşte conductanţa Ca^{++} (eliberarea) din
↓ reticulum sarcoplastic, Ca^{++} invadând sarcoplasma.
7. La o anumită concentraţie de Ca^{++} în sarcoplasmă troponina este
↓ legată prin dezinhibiţia complexului proteic troponin-tropomiozină.
8. Subfragmentul S_1 al miozinei se ataşează actinei *(crossbridge)* prin
↓ energia ruperii ATP care determină rotaţia subfragmentului S_1.
9. *Crossbridge*-ul se desface cu adiţia unei alte molecule de ATP.
↓
10. Ciclul ataşare-detaşare a punţilor se continuă atâta timp cât există
↓ ATP disponibil şi suficienţi Ca^{++} pentru a dezinhiba troponina.

11. Încetarea PA sarcolemal activează pompa de Ca^{++} care reintroduce ↓ Ca^{++} în reticulumul sarcoplastic.
12. Complexul proteic troponină-tropomiozină este reinhibat, ceea ce face imposibilă orice ataşare a miofibrilelor şi deci instalarea unei relaxări a acestora.

Tot acest proces reprezintă ceea ce am putea numi „realitatea la nivel micro". Important este să se înţeleagă cum este reflectată această realitate la „nivel macro" adică la realitatea contracţiei muşchiului.

Se ştie că între contracţie şi lungimea muşchiului se stabilesc relaţii directe.

Se subliniază mai sus că odată cu activarea punţilor, sarcomerul îşi modifică lungimea. Aceasta este variabilă şi este dependentă de forţa exercitată de punţi pe liniile Z şi matricea conjunctivă.

Această forţă este la rândul ei dependentă de încărcare, adică de rezistenţa ce acţionează asupra muşchiului, respectiv sarcomerului.

Dacă forţa sarcomerului şi mărimea rezistenţei sunt egale, lungimea sarcomerului rămâne constantă, ca şi lungimea muşchiului (isometrie).

Dacă forţa sarcomerului este mai mare decât rezistenţa opusă, atunci sarcomerul se scurtează ca şi muşchiul întreg (contracţie concentrică).

Dacă forţa sarcomerului este mai mică decât rezistenţa aplicată, atunci sarcomerul se alungeşte ca şi muşchiul în totalitate (contracţie excentrică). Desigur că procesele sunt ceva mai complexe, căci intră în execuţie şi viteza (rata) de ataşări-desprinderi a punţilor.

Iată concret rezultatul unui studiu pe sartoriusul de broască. Durata ciclului crossbridge a fost de 0,34 sec când lungimea sarcomerului a fost menţinută fixă şi a devenit 0,12 sec când el s-a scurtat.

În ultimii ani studiile privind activitatea muşchilor au beneficiat de aportul tehnicilor de imagistică cu rezonanţă magnetică care au evidenţiat procesele intime ale contracţiei musculare.

S-a putut demonstra, spre exemplu, cu această tehnică, că, la o aceeaşi rezistenţă, contracţia concentrică are nevoie de un consum mai mare de O_2, de recrutarea mai multor unităţi motorii, decât dacă se execută o contracţie excentrică (atenţie! pentru o aceeaşi rezistenţă) (Adams, Dudley, 1992).

Rezonanţa magnetică poate să ne arate multe alte aspecte importante ale fiziologiei muşchiului ca: efectul antrenamentului diferenţiat pe tipuri de muşchi cu proporţia de dezvoltare a fibrelor rapide sau lente, modalităţile de coactivare a cuplului agonist-antagonist, a implicării sinergiştilor etc.

În ultimii câţiva ani, studiile asupra sarcomerului s-au înmulţit, aprofundându-se modul de acţiune a acestuia, considerat unitatea funcţională de bază a muşchiului căci conţine toate elementele necesare, de bază, pentru a exercita forţă. În Universul „Micro" al sarcomerului se realizează toate procesele şi mecanismele constatate la nivel „macro" al muşchiului global.

- Ca şi muşchiul, sarcomerul are un comportament mecanic de tip vâscoelastic, adică se comportă concomitent şi ca un corp vâscos şi ca unul elastic.

- Ca şi muşchiul, sarcomerul evidenţiază o relaţie precisă între forţă şi lungime ca şi între forţă şi velocitate (viteză de scurtare). Forţa exercitată de sarcomer la o anumită lungime a lui este mai mare când sarcomerul este în curs de alungire decât la aceeaşi lungime când sarcomerul este în curs de scurtare.
- Dacă sarcomerul este menţinut la o anumită lungime un anumit timp se produce o scădere treptată a forţei. Dacă vrem să menţinem în timp aceeaşi forţă va trebui să alungim sarcomerul treptat.
- Ca şi muşchiul, sarcomerul dezvoltă o forţă maximă (de vârf) atât în momentul secusei, cât şi în contracţia tetanică, dar vârful din această contracţie este mai mare decât la secusă (de 3-7 ori). Explicaţia:
  - în secusă (dată de un potenţial de acţiune unic), reticulul sarcoplastic eliberează puţin Ca^{++}, în timp ce în tetanus se realizează concentraţii mari de Ca^{++} (potenţiale de acţiune repetate) care facilitează ataşarea şi menţinerea mai multor punţi transversale care determină forţă mai mare;
  - comportamentul mecanic al muşchiului întreg care are structuri conjunctivo-elastice ca o parte a forţei dată de sarcomeri să fie consumată pentru întinderea acestor structuri şi de abia apoi ce rămâne să se manifeste ca forţă externă. În secusă, nu se ajunge la întindere completă. În tetanus, aceasta se reuşeşte după 5-10 potenţiale de acţiune după care forţa generată de sarcomeri se poate exprima complet extern.

De o mare importanţă în funcţia sarcomerilor este modalitatea de aranjament arhitectural al lor în cadrul fibrei musculare. Acest aranjament poate fi „în serie" sau „în paralel".

Despre importanţa acestui aranjament asupra fiziologiei muşchiului se va vorbi într-un alt capitol, când se va aborda „arhitectura muşchiului" micro şi macro.

4.3.3. *Neurotrofism*

Cea de a 2-a modalitate de relaţie între neuron şi fibra musculară în afara potenţialelor de acţiune este „neurotrofismul".

În general, „neurotrofismul" se defineşte ca „influenţa susţinută pe care un element biologic (ex. neuronul) o exercită direct asupra unui alt element (ex. fibra musculară)" (R.M. Enoka).

În cazul relaţiei neuron – fibră musculară, se realizează în interiorul axonului un *„transport axonal"* o mişcare de materie la o viteză de 250-400 mm/zi.

Acest transport poate fi de la celula neuronală spre placa motorie („transport ortograd") sau invers („transport retrograd"). Se transportă elemente structurale, proteine, aminoacizi, acizi ribonucleici etc.

S-a arătat că, la nivelul sinapsei, veziculele cu neurotransmiţători se golesc odată cu venirea impulsului nervos, apoi sunt reîncărcate, acest ciclu repetându-se de mai multe ori. Dar nu la infinit căci, după câteva cicluri, membranele acestor vezicule se deteriorează şi trebuie „reparate".

Aceste vezicule degradate sunt trimise prin procesul de neurotrofism către celula neuronală (deci retrograd) unde urmează să fie reparate ca într-un atelier, iar de aici vor fi retransmise către sinapsă (ortograd) unde îşi vor relua locul şi funcţia.

Transportul se face prin căi preformate, „microtubi", iar forţa de propulsie, „motoarele", este realizată de enzime specializate, prinse în interiorul microtubilor şi acţionând foarte asemănător cu punţile transversale *(cross-bridges)* ale muşchiului (Sheetz, Steuer, Schroer, 1989).

Aceste enzime sunt:

- Kinezinele pentru transportul ortograd;
- Dineina citoplasmică pentru transportul retrograd.

O singură moleculă de kinezină, spre exemplu, exercită o forţă (de 2 N) capabilă să mişte organitele cu 0,5-2 μm/sec.

● Trofismul menţinut de relaţia nerv-muşchi este uşor de dovedit prin secţionarea nervului cu apariţia denervării care va determina:

- atrofie musculară (pierdere de masă musculară);
- degenerarea fibrelor musculare;
- scăderea forţei outputului;
- potenţialul membranei de repaus se depolarizează în primele 2 ore de la denervare;
- scade permeabilitatea membranei şi deci creşte rezistenţa de repaus a ei;
- structura canalelor de Na^+ se alterează;
- sarcolema devine capabilă să genereze potenţiale de acţiune spontane;
- acetilcolina scade;
- axonii motori intacţi înmuguresc.

Urmările denervării sunt cu atât mai severe cu cât secţionarea s-a produs mai aproape de celula nervoasă.

Procesele de mai sus pot fi reversibile dacă se realizează reinervarea muşchiului.

● Există şi un trofism invers, muşchi-nerv, căci s-a demonstrat că o activitate normală a muşchiului menţine starea de sănătate a neuronului.

Transportul axonal se adaptează stărilor de activitate musculară. Spre exemplu, după exerciţii zilnice de alergare (8 săptămâni), la şoareci, creşte mult transportul de acetilcolină comparativ cu şoarecii puşi să înoate o aceeaşi perioadă.

Vârsta scade transportul axonal. Se ştie, de asemenea, că tot prin transport axonal se face invadarea SN cu viruşi, bacterii, toxine (poliomielită, herpes, toxina tetanică etc.).

4.4. *FEEDBACK-UL DE LA RECEPTORII SENSITIVI*

Controlul şi continuarea unei mişcări se realizează pe baza aferenţelor sensitive care sunt de 3 feluri: proprioceptie, exterocepţie şi înseşi consecinţele acţiunii.

Există 2 feluri de receptori:

a) Exteroceptori care sunt la nivelul pielii (tactili, de temperatură, de durere, de presiune); la nivelul ochiului, urechii etc. Exteroceptorii aduc informaţii asupra mediului înconjurător;

b) Proprioceptorii respectiv fusul muscular, organul Golgi de tendon, receptorii articulari.

Reacţiile determinate de aferenţele exteroceptorilor pot fi intense şi rapide (retragerea mâinii care a atins un obiect fierbinte).

Informaţiile venite de la proprioceptori sunt mult mai puţin intense.

Un răspuns motor adecvat nu se poate face decât pe baza unor informaţii continue venite de la extero- şi interoceptori.

4.4.1. *Reflexul circuitar*

Stimulii sensitivi determină răspunsuri motorii dintre cele mai variate. În cazul în care relaţia *input-output* determină un răspuns stereotip ne găsim în faţa unui *„reflex"*.

Reflexul este aşadar un răspuns stereotip, rapid (are latenţă foarte mică) determinat de inputul sensitiv şi concretizat de outputul motor.

Cel mai simplu circuit neural este: receptor sensitiv → aferenţă → grup de unităţi motorii.

Un astfel de circuit poate realiza:

- controlul unui muşchi;
- controlul unui grup de muşchi sinergişti;
- controlul unei perechi agonist-antagonist;
- controlul muşchilor simetrici (de la membrele controlaterale).

Există şi reflexe care reprezintă mecanisme de protecţie contra unor perturbări, generând răspunsuri rapid corectoare. Circuitele acestea realizează o funcţie de *„feedback* negativ" în care răspunsul motor are scopul să contracareze stimulul care a activat receptorul sensitiv.

Zona de integrare a reflexelor motorii este substanţa cenuşie a măduvei. Semnalele sensitive intră în măduvă prin rădăcina posterioară putând urma două căi:

- produc un răspuns local sau la un nivel medular învecinat (răspuns reflex medular);
- trec prin măduvă spre centrii superiori nervoşi.

În continuare se vor analiza câteva din cele mai importante reflexe medulare prin care se realizează activitatea motorie medulară.

Despre reflexe va mai fi vorba şi în capitolul „Controlul motor".

4.4.1.1. *Stretch-reflexul (reflexul de întindere, reflexul miotatic)*

A fost descris de Sherrington şi este singura cale monosinaptică a unui reflex sensitivomotor de *feedback*. El este declanşat de întinderea muşchiului, respectiv de întinderea fusului muscular care prin excitarea motoneuronului alfa va produce contracţia respectivului muşchi. În figura 4.11. este reprezentată calea acestui reflex.

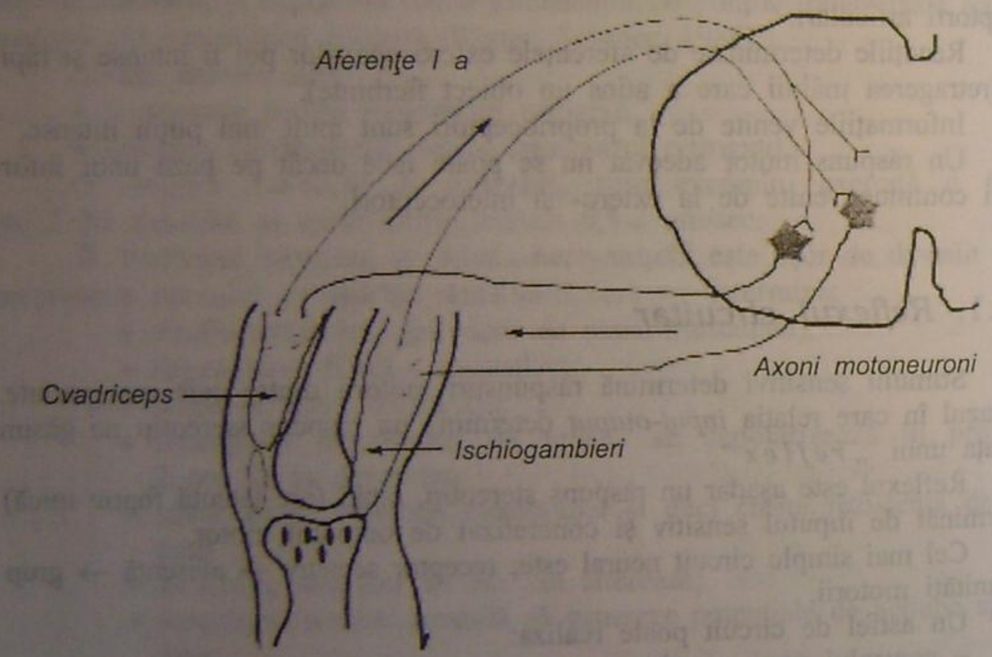


Fig. 4.11. – Circuite neurale (Reflexul stretch şi de inhibiţie reciprocă).

Întinderea fusului muscular determină excitarea receptorilor primari (terminaţia anulospirală) şi a celor secundari (eflorescenţa Ruffini) de la care excitaţia pleacă prin aferenţele de tip I_a şi respectiv II_a către motoneuronul alfa „homonim" (adică corespunzător muşchiului de la care vine impulsul) iar acesta va comanda contracţia muşchiului (a fibrelor extrafusale). Pentru ca această comandă de contracţie să se producă, trebuie să se fi format în motoneuron potenţialul de acţiune necesar, iar acesta la rândul lui nu se poate forma decât dacă excitaţia aferentă de la fus a fost suficientă ca să determine un număr necesar de potenţiale sinaptice generatoare ale potenţialului de acţiune.

Contracţia musculară apărută reduce bineînţeles întinderea muşchiului, adică „distruge" stimulul care i-a dat naştere. Suntem deci în prezenţa unui *feedback* negativ.

Excitaţia pornită din fusul muscular prin fibrele Ia se răspândeşte şi în motoneuronii alfa ai sinergiştilor, nu numai la cei ai muşchiului omonim fusului întins.

Stretch reflexul îşi datorează forţa de execuţie şi faptului că aferenţa Ia cuprinde şi neuronii intercalari inhibitori care inhibă motoneuronii antagoniştilor, relaxându-le tonusul, ceea ce face ca acţiunea omonimilor şi sinergiştilor să nu fie împiedicată de nimic.

Stretch reflexul, apărând la întinderea unui muşchi, am putea considera că se opune schimbării de poziţie a unui segment. Aceasta însă este adevărat doar la animalul decerebrat, a cărui poziţie în stând se datorează doar stretch reflexelor pe muşchii extensori. Pentru indivizii cu legătură normală cu centrii superiori, reflexele miotatice nu vor putea bloca mişcarea, căci nu sunt aşa de puternice.

Reflexele tendinoase sunt de fapt reflexe miotatice. Lovirea tendonului determină o scurtă alungire a muşchiului care excită un anumit număr de fuse musculare care reacţionează. Sau poate această lovitură pe tendon determină o vibraţie ca o undă transmisă în masa muşchiului şi care reprezintă o excitaţie pentru terminaţiile senzitive ale fusului. În nici un caz însă lovirea tendonului nu determină vreo excitaţie a acestuia care să ducă la contracţia muşchiului. Organul Golgi are cu totul alt rol. Testarea stretch reflexului este importantă în diagnosticul clinic.

Ca reflex monosinaptic, slăbirea sau abolirea lui dovedeşte o tulburare undeva pe parcursul lui: la nivelul axonilor motori sau senzitivi, la nivelul neuronului sau al muşchiului.

Dar, aşa acum arătam, excitabilitatea motoneuronilor medulari este sub controlul centrilor superiori, aşa că influenţele descendente excitatorii sau inhibitorii vor influenţa motoneuronii şi, în consecinţă, stretch reflexul. Leziunile centrale determină hiperreactivitatea acestor reflexe.

Mult timp s-a crezut că reflexele miotatice joacă un rol de prim ordin în ajustările posturale sau în activităţile ritmice (ca locomoţia) în sensul că, dacă ne flectăm, întindem extensorii care declanşează reflexul şi, contractându-i, restabilim poziţia neutrală etc.

Azi se ştie că altele sunt mecanismele contracţiilor ritmice musculare. Ele au la bază circuite centrale de care se va discuta în altă parte a acestei monografii. Totuşi, în mod cert, în anumite condiţii stretch reflexele pot întări unele scheme motorii sau le pot modula.

Mult timp s-a considerat că, odată muşchiul contractat pe baza întinderii fusului care astfel devine flasc şi deci nu mai trimite semnale, contracţia va slăbi. Practic, nu se constată acest aspect, ceea ce a făcut să se postuleze că fusul continuă să fie excitat prin impulsurile gama până când starea de scurtare a muşchiului contractat, stare în care fusul este flasc, se reduce sau dispare, fusul revenind la lungimea proprie de a fi excitat de cea mai mică alungire.

Studiile lui Matthews (1991) asupra stretch reflexului au arătat că acestuia i se pot înregistra două componente:

a) Un răspuns rapid care are o latenţă foarte scurtă (30 ms) care în mod sigur este dat de circuitul neuronal medular;

b) Un răspuns cu o latenţă ceva mai lungă (50-60 ms) care în mod cert implică şi structurile nervoase superioare inclusiv cortexul.

Pentru comparaţie, amintim că cea mai mică latenţă a unei contracţii comandată voluntar este de 170 ms.

S-a mai descris pentru acest reflex existenţa a 2 tipuri de răspunsuri. Astfel „răspunsul dinamic" este dat de excitaţia receptorului primar care răspunde la schimbarea de lungime a fusului chiar de o fracţiune de micron (dacă schimbarea de lungime s-a oprit, impulsurile dispar). Receptorii secundari ca şi cei primari în cazul în care s-a produs alungirea şi aceasta se menţine determină un „răspuns static" generat de impulsurile continue produse atâta timp cât starea de alungire se menţine.

Răspunsurile statice sau dinamice ale fusului sunt încontinuu controlate de nervii eferenţi gama care, aşa cum s-a arătat într-un capitol anterior, sunt de 2 feluri: gama dinamic (gama-d) şi gama static (gama-s). Primul inervează fibra fusală cu sac nuclear, iar al doilea pe cea cu lanţ nuclear (şi sac nuclear). Excitaţia venită de la motoneuronii gama prin eferenţele gama creşte mult răspunsul dinamic sau respectiv static al fusului muscular. O stare de uşoară excitare gama, dar continuă, determină fusul muscular să emită încontinuu impulsuri către motoneuronul alfa.

Aşadar „răspunsul dinamic" al fusului (la cea mai mică modificare de lungime a lui) este controlat şi mărit de către excitaţia motoneuronului gama dinamic. Acesta influenţează puţin „răspunsul static" al fusului.

„Răspunsul static" al fusului (când acesta nu-şi mai variază lungimea) este controlat şi mărit de către excitaţia motoneuronului gama static. Asupra „răspunsului dinamic" acest gama-s are o influenţă excitatorie mică.

În capitolul trecut se arăta că există trei feluri de fibre musculare intrafusale: fibre dinamice cu sac nuclear, fibre statice cu sac nuclear şi fibre cu lanţ nuclear. Toate aceste 3 tipuri de fibre sunt inervate de terminaţia sensitivă primară. Terminaţia secundară inervează doar fibrele cu lanţ nuclear şi câteva din fibrele statice cu sac nuclear. Gama neuronul static excită fibrele cu lanţ nuclear şi cele cu sac nuclear statice (inervaţia motorie), iar gama-d inervează fibrele cu sac nuclear dinamic.

Fusul muscular poate fi stimulat pe 2 căi, deci:

a) Prin întinderea mușchiului întreg căci odată cu întinderea fibrelor extrafusale se produce şi întinderea fusului;

b) Dacă fibrele extrafusale sunt la lungime normală, dar fibrele intrafusale sunt contractate (calea gama), acestea fiind la capetele fusului vor întinde receptorii intrafusali care sunt centrali, efectul fiind acelaşi ca şi când am întinde tot fusul.

Aşa cum s-a arătat, clasic, stretch reflexul acţionează ca un feedback negativ: este întins mușchiul, reflexul determină contracţia lui, deci contracarează fenomenul iniţial.

Dar stretch reflexul nu acţionează întotdeauna ca un răspuns de *feedback* negativ. El poate apărea şi în timpul mişcării când ia naştere un dez-

acord între lungimea mușchiului ce ar trebui să se producă şi cea care se produce de fapt. Diferenţa dintre aceste lungimi acţionează ca un stretch reflex determinând contracţie.

Dacă îndoim cotul la 90° şi luăm în mână o greutate, tendinţa este ca bicepsul să se alungească prin căderea antebraţului. Se declanşează însă contracţia bicepsului prin răspunsul static al excitaţiei fusului cu activarea fibrelor gama-s. Acesta a fost numit *„reflexul de greutate"*, dar el este acelaşi şi în cazul fixării corpului sau unor segmente în anumite poziţii, iar încercarea de a le mişca va declanşa instantaneu contrarezistenţa prin mecanismul văzut la reflexul de greutate.

Sistemul gama sau sistemul fusimotor a preocupat intens pe neurofiziologi de când Leksell a descris în 1945 pentru prima dată existenţa motoneuronilor gama. Rolul acestui sistem a fost sugerat în anii '50 de Hunt şi Kuffler.

Se cunoaşte deja bine modalitatea de răspuns a mușchiului şi respectiv a fusului la întinderea acestuia care declanşa excitarea motoneuronului alfa pentru a comanda contracţia mușchiului (mecanism de feedback negativ). Era mecanismul stretch reflexului, al reflexului miotatic.

Dar, în timpul contracţiei musculare, fusul devine flasc, deci incapabil de a transmite vreun semnal către motoneuronii alfa pentru a susţine contracţia fibrelor extrafusale. În acest moment ar interveni sistemul gama pentru a susţine tensiunea în fibrele intrafusale în timpul contracţiei şi imediat după întreruperea acesteia. Intervenţia sistemului gama se produce deoarece motoneuronii gama sunt activaţi în acelaşi timp cu cei alfa prin aferenţa senzitivă a fusului. Impulsurile ce vor pleca apoi de la neuronii gama vor determina direct contracţia (deci scurtarea) fibrelor musculare intrafusale ceea ce înseamnă că zona centrală a fusului va rămâne mereu în tensiune şi deci va continua să tri mită impulsuri excitatorii pentru alfa-motoneuroni care menţin contracţia. Mecanismul de mai sus este denumit *„coactivarea alfa-gama"* ceea ce înseamnă că sistemul fusimotor lucrează concomitent cu sistemul scheletomotor (motoneuronul alfa şi fibrele extrafusale). Această conlucrare ar asigura mişcările precise lente.

Ceva mai mult, în ultimul timp se consideră că s-ar putea vorbi şi de *sistemul scheleto-fusimotor* sau eferenţele beta reprezentat prin colateralele de la neuronul motor alfa care ar inerva fibrele intrafusale. Sistemul scheletofusiform a fost găsit în fusurile musculare la om şi pisică.

Aşadar, când neuronii scheleto-fusiformi sunt activaţi se produce contracţia fibrelor extrafusale, dar şi a celor intrafusale. Existenţa sistemului scheleto-fusiform nu anulează importanţa sistemului gama care lucrează independent având rolul principal în menţinerea tonusului muscular prin contracţia continuă a fibrelor intrafusale. Aceasta este posibilă deoarece motoneuronul gama primeşte influxuri continue de la centrii nervoşi superiori fiind uşor de influenţat deoarece are un prag de excitabilitate mai coborât. Motoneuronul alfa este şi el sub influxurile centrale dar are un prag de excitaţie mai ridicat.

Activitatea de servomecanism a sistemului gama a fost descrisă în 1953 de Granit şi Kanda sub numele de *Bucla gama* care are următorul traseu: motoneuron gama → eferenţa gama (d sau s) → fibrele musculare intrafusale → terminaţiile anulospirale ale fusului → aferenţe sensitive → protoneuronul spinal sensitiv → neuroni intercalari → motoneuroni alfa şi gama (fig. 4.12.).

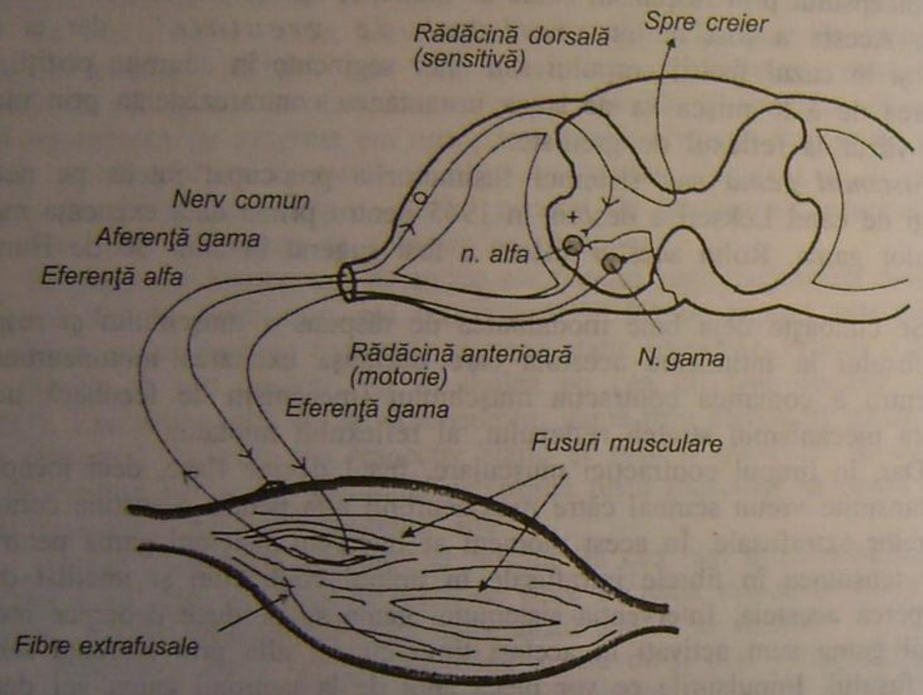


Fig. 4.12. – Sistemul gama (după D. Umphred).

4.4.1.2. *Reflexul de tendon (reflexul Golgi)*

Organul de tendon, organul Golgi, de la nivelul joncţiunii musculotendinoase reprezintă un receptor proprioceptiv de la care pleacă aferenţe tip I_b mielinizate, mai groase. Organul de tendon recepţionează schimbările în starea de „tensiune" a muşchiului, după cum fusul muscular recepţionează orice schimbare în „lungimea" muşchiului.

Schimbarea în tensiune musculară determină rapid o puternică excitaţie a receptorului Golgi care transmite comanda de limitare a tensiunii după care starea lui de excitaţie scade pentru a se stabiliza la un nivel proporţional cu tensiunea existentă în muşchi.

Aferenţa Golgi ajunge în măduvă la un neuron intercalar inhibitor care va transmite comanda inhibitorie pentru motoneuronul alfa. Hufshmidt denumeşte acest neuron intercalar inhibitor ca *„motoneuron delta"*.

Inhibiţia se produce strict pe muşchiul de la al cărui organ de tendon a pornit excitaţia.

Dacă se produce o creştere excesivă de tensiune de contracţie musculară, reflexul inhibitor Golgi poate fi atât de brutal şi intens încât să determine brusca relaxare a muşchiului – efect numit *„reacţie de alungire"* – care ar avea rol protectiv împotriva deşirării sau smulgerii tendonului.

În figura 4.13 este configurată bucla gama şi circuitul Golgi. Aceste 2 circuite ar reprezenta *„unitatea miotatică"* (Lloyd) care este substratul „fenomenului inervaţiei reciproce" descris de Sherrington.

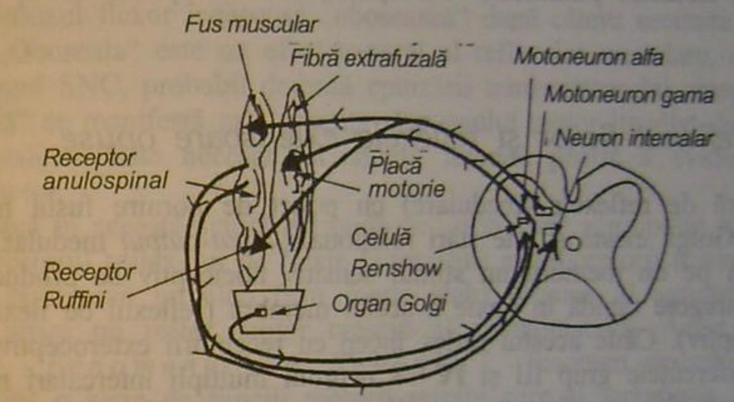


Fig. 4.13. – Unitatea miotatică (bucla gama şi circuitul Golgi).

Circuitul Golgi este în mod cert modulat de impulsuri venite de la creier care cresc sau scad starea de excitabilitate a acestui circuit inhibitor. De aceea, orice activitate musculară dezvoltă numai acea tensiune necesară execuţiei respectivei activităţi.

Există şi un al doilea circuit inhibitor, prin celulele Renshow, care blochează dezvoltarea unor tensiuni musculare exagerate.

4.4.1.3. *Reflexul inhibitor de autofrânare (circuitul Renshow)*

Imediat ce axonul motoneuronului alfa părăseşte cornul anterior medular se desprinde din el o colaterală recurentă, care se întoarce în cornul anterior, şi care face sinapsă cu interneuronul Renshow, al cărui axon face sinapsă cu motoneuronul alfa din care s-a desprins colaterala recurentă.

Acest circuit reglează nivelul descărcărilor neuronului motor alfa şi anume scăzându-l când devine prea intens, controlând astfel prin inhibiţie tensiunea din muşchi, dar şi difuziunea anormală a activităţii tonice.

4.4.1.4. *Reflexul inhibitor reciproc*

După cum s-a văzut aferenţa I_a aduce în măduvă semnal excitator pentru motoneuronul alfa al agonistului. Dar aferenţa I_a dă în măduvă ramuri

pentru interneuroni dintre care una face sinapsă cu un interneuron numit *„interneuron inhibitor I_a"* care generează potenţiale postsinaptice inhibitorii pentru motoneuronii muşchilor antagonişti, formând ceea ce se numeşte „reflexul inhibitor reciproc". În acest fel aferenţa I_a va da posibilitate agonistului să realizeze un răspuns maxim (fig. 4.10.).

Reflexul inhibitor reciproc depinde de starea de excitabilitate a interneuronului de la un moment dat, căci acesta este sub influenţa inputurilor venite de la sistemul piramidal, rubrospinal, vestibulospinal, de la proprioceptori etc.

4.4.1.5. *Reflexul flexor şi reflexele extensoare opuse*

În afară de reflexele (medulare) cu punct de pornire fusul muscular sau organul Golgi, există şi alte stări relaţionale *input-output* medular. Astfel, dacă aplicăm pe un membru un stimul sensitiv nociceptiv se produce după 100 ms o retragere rapidă în flexie a acelui membru (reflexul de flexie = reflexul nociceptiv). Căile acestui reflex încep cu receptorii exteroceptivi (nociceptivi) → aferenţele grup III şi IV → neuroni multipli intercalari medulari → motoneuron alfa → eferenţe motorii → musculatura flexoare a membrului respectiv.

Întârzierea de 100 ms se datorează multitudinii de sinapse ale neuronilor intercalari pe care stimulul le traversează până ajunge la motoneuron.

De fapt, acesta nu este un reflex atât de „pur" cum a fost descris, deoarece la nivelul măduvei stimulul sensitiv prin intermediul neuronilor intercalari, deseori excită şi motoneuronii muşchilor extensori controlaterali realizând *„reflexul extensor controlateral"*. Acest reflex apare la 200-500 ms de la excitaţia exteroceptorilor, întârziere destul de mare care demonstrează multitudinea sinapselor de traversat.

Forţa reflexului pe flexie ca şi al celui extensor controlateral este datorată nu numai excitaţiei muşchilor respectivi (consideraţi agonişti), ci şi inhibiţiei antagoniştilor (extensorii membrului homolateral şi flexorilor controlaterali).

De fapt componenta principală a acestui reflex (flexia segmentului excitat) are scopul de apărare. În acelaşi sens, apar mişcări reflexe de apărare şi în alte grupe musculare care au acelaşi scop de a îndepărta segmentul de cauza nociceptivă (spre exemplu grupele musculare abductoare).

Aşadar, o excitaţie exteroceptivă realizează un reflex medular polisinaptic, reflex de apărare care se manifestă prin contracţia unui grup muscular simultan cu relaxarea grupului antagonist de aceeaşi parte şi cu fenomene musculare inverse pe partea opusă.

Aceste reflexe sunt sigur medulare deoarece apar şi la animalul decerebrat. De altfel, din fiziologia clasică sunt bine cunoscute „legile lui Pflüger" sau „legile reflexelor exteroceptive" bazate pe studiile lui Pflüger pe broasca spinalizată. Aceste legi sunt:

– legea unilateralităţii (flexia homolaterală reflexă);

– legea iradierii controlaterale (extensie heterolaterală şi flexie homolaterală);

– legea iradierii longitudinale (reacţia „în oglindă" a membrelor superioare la răspunsul celor posterioare prin extensie încrucişată);

– legea generalizării (contracţia tuturor muşchilor).

Manifestarea acestor legi este în funcţie de intensitatea excitantului exteroceptiv.

Reflexul flexor începe să „obosească" după câteva secunde de la apariţia lui. „Oboseala" este un efect general al reflexelor medulare, ca şi a celor din întregul SNC, probabil datorită epuizării transmiţătorului sinaptic. Această „oboseală" se manifestă prin absenţa răspunsului motor imediat după un reflex motor realizat. Este necesar un anumit interval pentru a evidenţia un nou reflex motor.

Dacă în această scurtă perioadă de „oboseală" a grupului muscular care a fost efectorul reflexului de flexie (agonistul) exteroceptorii transmit noi excitaţii se realizează un slab (sau foarte slab) răspuns al agonistului, dar în schimb apare un reflex motor crescut al antagonistului. Acest proces este denumit *„Fenomenul de Rebound"*, fenomen deosebit de important pentru o serie de funcţii motorii printre care şi locomoţia.

4.4.1.6. *Reflexul de spasm muscular*

În cazul unei fracturi, în zona respectivă, datorită durerii, apare un spasm muscular puternic cu scop de blocare a zonei. Spasmul creează dificultăţi ortopedului la reducerea fracturii. La anestezia generală sau locală acest spasm cedează.

Ceva asemănător sunt „crampele musculare" determinate de orice factori iritanţi locali (frig, ischemie musculară, supraefort muscular etc.) care determină durere intensă. Impulsul acesta sensitiv va induce contracţia locală musculară de apărare care va deveni ea însăşi stimul pentru receptorii sensitivi locali şi deci se va intensifica (*feedback* pozitiv).

Dacă se execută o contracţie isometrică pe antagoniştii muşchilor cu crampă, aceasta poate înceta brusc (inhibiţie reciprocă).

În afara reflexelor descrise, există o serie de alte reflexe cu circuite mai complexe care angrenează şi nivelele supramedulare.

Iată pe cele mai importante:

4.4.1.7. *Reacţia pozitivă de sprijin*

Reprezintă extensia membrului inferior când se execută o presiune pe talpă. Reflexul este puternic, putând susţine chiar şi greutatea animalului spinalizat. Creşterea tonusului extensorilor apare în ortostatism.

Reflexul pozitiv de sprijin determină şi direcţia în care membrul inferior se extinde, şi anume în direcţia în care a fost localizată presiunea în plantă. (De reţinut acest reflex pentru pacienţii care merg în cârje, fără sprijin pe unul din membre.)

4.4.1.8. *Reflexele de redresare*

Aceste reflexe apar în trecerea din decubit (de obicei lateral) în ortostatism având ca ţel posturarea în poziţie dreaptă verticală. Sunt, de fapt, un complex de mişcări sincronizate ale membrelor, trunchiului, corpului de a menţine ochii orizontal, capul şi corpul verticale, pentru a se pregăti pentru actul motor.

Stimulul reflexelor sau „reacţiilor" de redresare poate fi optic, labirintic sau tactil – de fapt sunt reflexe supraspinale.

4.4.1.9. *Reflexele tonice ale gâtului*

Se declanşează prin mişcarea şi poziţia capului şi gâtului, care determină stimularea terminaţiilor sensitive proprioceptoare din extremitatea superioară cervicală (articulaţiile occipitoatlantoidă şi axoatlantoidă).

La nivelul articulaţiilor gâtului există receptori proprioceptivi care conduc informaţia asupra orientării capului în raport cu corpul. Subliniem această idee, pentru a se putea face comparaţie cu semnalele plecate din aparatul vestibular şi care sunt influenţate numai de mişcările şi orientarea capului (independent de corp). Din această cauză, o mişcare a capului într-o direcţie sau alta declanşează proprioceptia cervicală, care va bloca semnalele de dezechilibru ce ar pleca de la aparatul vestibular, căci semnalele transmise de receptorii gâtului sunt exact invers, opuse semnalelor trimise de vestibul spre centrii nervoşi. Dacă se mişcă şi corpul întreg, adoptând o nouă poziţie semnalele aparatului vestibular nu mai sunt opuse celor venite de la proprioceptorii cervicali, iar persoana percepe dezechilibrul corpului. Impulsul de la proprioceptorii gâtului, trecând prin cerebel şi nucleii cenuşii, va ajunge, prin intermediul substanţei reticulate, la motoneuronii gama şi, de aici, va activa fusul muscular.

Există două tipuri de răspuns al reflexului tonic al gâtului:

• Reflexul tonic asimetric: rotaţia (cu înclinare) a capului face să crească tonusul extensorilor de partea bărbiei şi al flexorilor, de partea occiputului.

Efectele de modificare a tonusului muscular sunt mai evidente la membrele superioare.

• Reflexul tonic simetric: flectarea capului determină creşterea tonusului flexor al muşchilor membrelor superioare şi al flexorilor lombari, concomitent cu creşterea tonusului extensor la membrele inferioare.

Extensia capului determină creşteri de tonus muscular inverse.

4.4.1.10. *Reflexele labirintice sau vestibulare*

Sunt şi ele de 2 feluri:

• Reflexul tonic labirintic simetric declanşează în cazul poziţiei de extensie a capului (când corpul este în decubit dorsal) o creştere a tonusului extensorilor în extremităţi. Din decubit ventral, dacă menţinem capul în flexie, induce o creştere a tonusului flexorilor în membre.

Creşterile de tonus al agoniştilor se însoţesc, bineînţeles de scăderi în tonusul antagoniştilor.

• Reflexul tonic labirintic asimetric apare în decubit lateral, cu creşterea tonusului flexorilor membrelor heterolaterale (de deasupra) şi cu creşterea tonusului extensorilor la membrele homolaterale (în contact cu suprafaţa de sprijin). Nu amintim de reflexele labirintice kinetice (fazice) determinate de mişcările de rotaţie ale capului, deoarece ele sunt inverse cu reflexele tonice ale gâtului şi sunt anihilate de acestea.

4.4.1.11. *Reflexele de echilibrare (reacţiile de balans)*

Sunt reflexe foarte importante în realizarea posturii şi locomoţiei adică să menţină centrul de greutate al corpului înăuntrul suprafeţei de sprijin. Ele sunt controlate de reacţii proprioceptive sau labirintice şi sunt de două feluri:

• Reacţii de origine musculară cu mecanism proprioceptiv, care se produc când, datorită unui balans puternic, centrul de greutate iese din baza de sprijin, corpul începând căderea. Apărarea reflexă se manifestă prin deplasarea laterală rapidă a unui membru inferior pentru lărgirea poligonului de susţinere (reacţia de salt sau extensia protectivă) sau prin adaptarea poziţiei de ghemuit, pentru a coborî centrul de greutate (reacţia ghemuit). În capitolul despre echilibru şi stabilitate se vor relua aceste probleme.

• Reacţii de origine labirintică, care apar la acceleraţii liniare sau angulare, pentru menţinerea echilibrului. Musculatura întregului corp înregistrează modificări de tonus.

Reflexele de echilibrare pot fi antrenate, ajungându-se la performanţe deosebite, ca la acrobaţi.

În finalul expunerii reflexelor medulare şi supramedulare vom descrie 2 reflexe pe care le inducem noi şi care au o mare importanţă ca test neuromuscular (reflexul H) şi ca tehnică recuperatorie (reflexul vibrator tonic). Ele răspund definiţiei reflexului discutat mai înainte.

4.4.1.12. *Reflexul H (Hoffmann)*

Este un reflex artificial, un răspuns la un stimul unic electric al neuronului pentru declanşarea unei secuse musculare măsurabilă pe EMG. Este deci un test neuromuscular de apreciere a nivelului de excitabilitate neuro-

muscular (a poolului motoneuronal). Cu cât răspunsul muscular la stimularea nervului va fi mai mare, înseamnă că un număr mai mare de unităţi motorii au fost antrenate contribuind la răspunsul muscular.

În figura 3.13. este reprezentată diagrama reflexului H. Circuitul acestui reflex înseamnă activarea selectivă a aferenţei de grupe I, ce determină un potenţial de acţiune în motoneuronul muşchiului respectiv care va declanşa secusa musculară care se măsoară pe EMG.

Atenţie! ca tehnică, trebuie ca stimulul electric să înceapă de la intensităţi joase şi foarte încet să fie crescute ca să fim siguri că ajungem să activăm aferenţele I. Se ştie că dacă creştem intensitatea de la zero primele potenţiale de acţiune apar în axonii cu diametrul mic, apoi în fibrele I, iar apoi în axonii mari care aparţin alfa-motoneuronilor.

Reflexul H este puternic influenţat de cei mai diverşi excitanţi chiar şi de la distanţă. De exemplu, înregistrând reflexul H pe solear şi strângând puternic fălcile, amplitudinea pe EMG a reflexului creşte. Explicaţia: activarea motoneuronilor maseterilor trimite potenţiale postsinaptice în mulţi alţi motoneuroni medulari cărora le ridică de fapt potenţialele de membrană în apropierea nivelului de prag. Deci o excitaţie ca cea din tehnica de determinare a reflexului H va da un răspuns (o secusă) cu amplitudine mai mare.

Pe această realitate fiziologică se bazează *Manevra Jendrassik* care urmăreşte creşterea excitabilităţii poolului motoneuronilor medulari prin activarea unor muşchi îndepărtaţi.

Această manevră are o foarte interesantă aplicare, în asistenţa de recuperare medicală pentru promovarea unor mişcări realizate de muşchi slabi. Spre exemplu contracţii cu rezistenţă executate la membrele superioare sau cervical determină o creştere de forţă a membrelor inferioare şi pacientul va reuşi să se aşeze sau să se ridice de pe scaun, sau să stea în picioare etc.

Antrenamentul de creştere a forţei musculare determină o creştere a excitabilităţii motoneuronilor demonstrată de creşterea de amplitudine a reflexului H (Nielsen, Crone, Hultborn, 1993). Dacă însă exagerăm cu antrenamentele (supraantrenament) vom înregistra treptat o scădere a reflexului H (Raglin, Koceja, 1992) aşa cum s-a demonstrat la sportivii supraantrenaţi. După o pauză variabilă reflexul revine la valorile normale.

În figura 4.14 este prezentată *unda M* care este o secusă cu latenţă scurtă (5 ms) determinată de potenţialul de acţiune din alfamotoneuroni. Prezenţa acestei unde dovedeşte integritatea circuitului între locul stimulului (nerv) şi locul înregistrării (muşchi) aşa cum se vede din figură.

Cu vârsta se constată că amplitudinea undei M scade probabil datorită scăderii excitabilităţii fibrelor musculare (Hicks, 1992).

4.4.1.13. *Reflexul vibrator tonic*

Este tot un reflex artificial. Vibraţia pe massa musculară, mai ales de 50-150 Hz, excită fusul muscular activând multe unităţi motorii şi declanşând

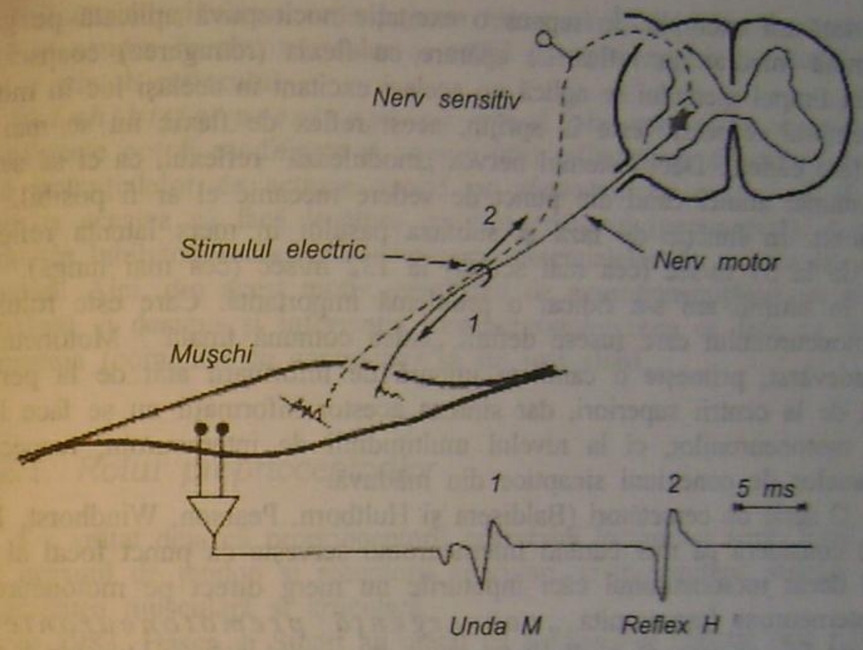


Fig. 4.14. – Diagrama reflexelor H.

contracţie musculară (modificări EMG) dar, doar dacă există deja o contracţie submaximală. Această promovare a contracţiei se manifestă pe muşchii vibraţi, iar concomitent se induce o inhibiţie reciprocă (scădere de excitabilitate) pe antagonişti.

Reflexul vibrator tonic este aplicat în practica asistenţei de recuperare a hemiplegicilor, mai ales la nivelul membrului superior. Astfel, aplicarea vibraţiei pe musculatura extensoare (musculatura antagonistă celei spastice) va determina o schimbare în repartiţia activităţii tonice între cuplul agonist-antagonist prin scăderea excitabilităţii motoneuronilor hiperactivi şi de creştere a opozanţilor. Efectul vibraţiei creşte dacă plasăm muşchiul în poziţie alungită, iar corpul în posturi facilitatoare: decubit dorsal pentru vibrarea extensorilor, decubit ventral pentru vibrarea flexorilor.

4.4.2. *Reflexe şi mişcare*

Datele expuse în subcapitolul anterior („Reflexul circuitar“) putem să le considerăm ca făcând parte din fiziologia clasică a reflexului care-l consideră pe acesta ca „un răspuns stereotip“ ce se petrece prin relaţia *input-output* la nivel medular cu sau fără influenţa etajelor superioare. Adevărul este că aceste reflexe nu sunt deloc „stereotipe“ ele manifestându-se extrem de variat în funcţie de momentul de activitate, adică sunt „răspunsuri dependente de o anumită stare“.

Iată un exemplu. În repaus o excitaţie nociceptivă aplicată pe gambă determină imediat un reflex de apărare cu flexia (retragerea) coapsei. Dar dacă în timpul mersului se aplică un acelaşi excitant în acelaşi loc în moment ce membrul respectiv este în sprijin, acest reflex de flexie nu se mai produce (am cădea). Deci sistemul nervos „modulează" reflexul, ca el să se producă numai atunci când din punct de vedere mecanic el ar fi posibil. Ceva mai mult. În funcţie de faza şi subfaza pasului în mers latenţa reflexului trece de la 57 m/sec (cea mai scurtă) la 132 m/sec (cea mai lungă).

În ultimii ani s-a ridicat o problemă importantă. Care este rolul real al motoneuronului care fusese definit „calea comună finală"? Motoneuronul, este adevărat, primeşte o cantitate imensă de informaţii atât de la periferie cât şi de la centrii superiori, dar sinteza acestor informaţii nu se face la nivelul motoneuronilor, ci la nivelul multitudinii de interneuroni, respectiv a milioanelor de conexiuni sinaptice din măduvă.

O serie de cercetători (Baldisera şi Hultborn, Pearson, Windhorst, 1988-1993) consideră că mai curând Interneuronul serveşte ca punct focal al integrării decât motoneuronul căci inputurile nu merg direct pe motoneuron ci pe interneuroni (aşa-numita *„convergenţă premotoneuronică"*). În acest fel, se creează posibilitatea unor răspunsuri diferite datorită influenţei altor inputuri convergente pe interneuroni. Această realitate creează o flexibilitate a cuplării *input-output* cu efecte ale circuitelor reflexe complet diferite (vezi mai sus exemplul cu reflexul de flexie în timpul mersului) putând lua căi alternative excitatorii sau inhibitorii.

Probabil că există mecanisme neuronale foarte precise care modifică „stereotipia" reflexelor. Se cunosc însă bine doar două dintre ele:

a) *Inhibiţia recurentă*, un circuit neuronal local de *feed-back* prin intermediul unui neuron intercalar (interneuron) specific („celula Renshow") de care s-a vorbit ceva mai sus. Celula, sau interneuronul Renshow este activată prin stimuli supraspinali, prin aferenţe grup III şi IV musculare şi prin ramul colateral de la axonul motoneuronului alfa. Acest interneuron generează numai potenţiale inhibitorii postsinaptice spre acelaşi motoneuron de unde a primit ramul colateral, dar şi spre alţi motoneuroni cum ar fi neuronii motori gama, interneuronii inhibitori I.

Inhibiţia recurentă pare că nu acţionează sau acţionează slab la nivelul musculaturii distale de la mână sau picior (Katz, Mazzocchio, Rossi, 1993).

Aşadar, inhibiţia recurentă are menirea de a scădea excitabilitatea motoneuronilor. Aceasta este mai pregnantă la nivelul motoneuronilor mici deoarece neuronii motori mari primesc puţine sinapse de la celulele Renshow (deşi ei dau multe colaterale către acestea).

Într-o contracţie slabă există o inhibiţie recurentă crescută şi invers. Creşte de asemenea în momentul instalării oboselii musculare.

În acelaşi timp, aşa cum s-a amintit, celula Renshow are conexiuni şi cu interneuronii inhibitori I cărora le scade excitabilitatea, aceasta însemnând de fapt inhibiţia inhibiţiei (dezinhibiţie).

Influenţând şi motoneuronul gama înseamnă că inhibiţia recurentă are control şi asupra fusului muscular şi astfel poate interveni în relaţia *input-output* a stretch reflexului.

b) *Inhibiţia presinaptică* este al 2-lea mecanism cunoscut prin care reflexele pot fi modificate şi anume prin influenţarea de către interneuroni a potenţialelor de acţiune venite pe aferenţele de grup I şi II, deci înainte ca acestea să facă legătura cu motoneuronul (presinaptic). Acţiunea este de tip inhibitor, reducându-se valoarea potenţialelor de acţiune ce sosesc la sinapsă. Aici, din acest motiv, cantitatea de neurotransmiţători va fi mult mai redusă şi desigur şi informaţia motoneuronului ceea ce face ca răspunsul acestuia (comanda de contracţie) să fie mai slabă.

4.4.2.1. *Rolul proprioceptorilor*

S-a arătat deja că proprioceptorii aparatului locomotor sunt: fusul muscular, organul de tendon şi receptorii articulari, şi transmiţând stimuli creaţi de activitatea musculară şi articulară.

În 1983, Hasan şi Stuart au arătat că *feedback-ul* realizat prin proprioceptori are 2 scopuri:

a) creează o interacţiune între corp şi mediu, adică facilitează executarea mişcărilor în acord cu cerinţele mediului înconjurător;

b) modifică comenzile motorii acomodând mecanica musculoscheletală.

a) Primul scop, respectiv faptul că mişcarea într-o articulaţie se produce în raport cu ambientalul (idee veche, încă de la Aristotel), este realizat prin reflexe de rezistenţă şi de asistare ca şi prin selecţia sinergiilor musculare.

Reflexele rezistive sunt răspunsurile musculo-articulare care se bazează pe *feedback-ul* proprioceptiv de a face faţă la perturbările neaşteptate venite din mediul ambiental în timpul activităţii.

Reflexele de asistare reprezintă răspunsuri la interacţiunea unui sistem musculoarticular cu mediul pentru promovarea, ajustarea unei mişcări.

Prin aceste reflexe se face ajustarea posturală, ca şi selectarea celor mai adecvate grupe musculare pentru executarea unei anumite activităţi.

În general, se consideră că informaţia proprioceptivă este mai ales utilizată pentru selectarea în particular a sinergiei musculare pentru o condiţie dată.

Pentru a nu lăsa loc la ambiguităţi, exemplificăm această noţiune a relaţiei între mişcare şi mediul ambiental.

Astfel, a lua un obiect care se află pe duşumea, pe masă sau pe un dulap se realizează feedback-uri proprioceptive care să pună de acord mişcarea cu condiţia de mediu.

Sau, a merge pe plat, pe teren accidentat, a urca sau coborî scări, înseamnă tot atâtea relaţii noi ce se stabilesc între activitatea musculo-articulară şi condiţiile de mediu.

b) Al doilea rol al proprioceptiei este de a realiza acomodarea (adaptarea) mecanismelor musculoscheletale în vederea realizării comenzilor cen-

trale de a performa o activitate. Proprioceptorii sunt cei care informează sistemul nervos, permanent asupra situaţiei fiecărui muşchi sau articulaţii, informaţii care vor genera comenzi adaptative.

Aşa, spre exemplu, forţa unui muşchi depinde de lungimea lui ca şi de modificarea acestei lungimi. Proprioceptorii informează despre aceste schimbări, iar forţa „comandată" iniţial de centru pentru o anumită mişcare este mereu acomodată cerinţelor reale. La fel, dacă ne referim la amplitudinea articulară a unei mişcări.

Evident că acest feedback proprioceptiv nu se exercită doar la o articulaţie cu musculatura respectivă, ci la o multitudine de articulaţii şi muşchi care se implică mai mult sau mai puţin într-o activitate oarecare.

4.4.3. *Kinestezia*

Kinestezia este capacitatea organismului de a primi şi percepe informaţii de la receptorii sensitivi de la piele, muşchi, tendoane, capsulă, ligamente ca şi de la comenzile motorii generate central, sub formă de sensaţii în legătură cu poziţia şi mişcarea, cu efortul şi greutatea, cu aprecierea timpului mişcării.

Kinestezia este complet independentă de reflexele care determină mişcarea.

4.4.3.1. *Kinestezia de poziţie şi mişcare*

S-a considerat că semnalul primar care determină conştientizarea asupra poziţiei şi mişcării unui segment ar pleca din proprioceptorii articulari.

O serie de cercetători între 1987-1992 (Gandevia, Mc Closkey, Burke, Matthews etc.) au dovedit că de fapt mult mai important pentru kinestezia de poziţie şi mişcare este *inputul* venit de la fusurile musculare. Dacă aceasta este adevărat (reflexele neavând nici un rol aşa cum s-a arătat mai sus) înseamnă că SNC are capacitatea de a analiza şi interpreta separat semnalul specific al fusului muscular şi de a-l trimite „în copie" către zona sensitivă, proces denumit *„descărcarea corolară" (corollary discharge).*

4.4.3.2. *Kinestezia de efort şi greutate*

Organul Golgi s-a arătat că trimite informaţii asupra tensiunii (forţei) muşchiului, informaţie însă care nu indică nimic relativ la intensitatea unei activităţi musculare.

Dacă ţinem în mână o greutate pe o durată mai lungă de timp se înregistrează o creştere treptată a forţei muşchilor solicitaţi, iar ca senzaţie, ni

se pare că greutatea este din ce în ce mai mare. De fapt greutatea a rămas mereu aceeaşi şi deci forţa musculară, teoretic, trebuie şi ea să rămână aceeaşi şi ca un corolar aferenţele de la organul de tendon nu trebuie să se schimbe.

Senzaţia de creştere a efortului pe care o resimţim odată cu trecerea timpului derivă deci nu din aferenţa periferică, ci din comanda motorie centrală asociată cu sarcina de a ţine în mână greutatea. Astfel o „descărcare corolară" este trimisă de la centrii motori spre centrii senzitivi, iar aceştia fac o estimare a gradului de mărime a comenzii motorii. Această estimare este *„senzaţia de efort"* despre care va mai fi vorba şi într-un alt capitol.

Dacă muşchiul este obosit, deşi efortul este acelaşi (să ţinem greutatea în mână), „senzaţia de efort" va fi mult mai mare căci pentru a menţine greutatea va fi nevoie de o creştere în comanda motorie generată central.

Cu toată această interpretare (reală) a cauzei senzaţiei de efort, totuşi nu se poate face abstracţie de necesitatea unui *feedback* senzorial (de la periferie) declanşat de performarea mişcării, căci se ştie că nu se poate sesiza vreun efort în situaţia unei paralizii adică în absenţa oricărei mişcări.

Există şi o *„senzaţie de greutate"* care nu este acelaşi lucru cu senzaţia de efort. Ea este dată de receptorii periferici pentru aprecierea greutăţii unui obiect printr-un *feedback* proprioceptiv asociat comenzii de mişcare generată central.

În tentativa de a ridica o greutate, comanda centrală creşte gradat spre valoarea necesară (rezultată din experienţă) pentru acel obiect, iar în momentul ridicării lui toate informaţiile proprioceptive ajunse la creier vor ajusta mărimea comenzii centrale la necesitatea exactă căci estimează greutatea lui.

4.4.3.3. *Kinestezia timpului mişcărilor*

Este vorba de aprecierea timpului în care se desfăşoară mişcarea.

Omul poate identifica 2 momente în relaţia cu debutul mişcării:

a) momentul de trimitere al comenzii de mişcare;

b) momentul începerii mişcării respective.

Dacă înregistrăm continuu pe EMG apariţia contracţiei se poate vedea clar că perceperea comenzii de mişcare se situează înaintea apariţiei contracţiei pe EMG, deci s-a realizat odată cu comanda centrală.

În schimb, perceperea momentului de mişcare apare după ce el a fost înregistrat pe EMG, căci ea se bazează pe informaţiile proprioceptive de la periferie asupra mişcării şi, care, desigur au nevoie de un timp pentru a fi integrate.

Capitolul 5

AMPLITUDINEA DE MIŞCARE (AM)

5.1. *REDOAREA (STIFFNESS)* 128
5.1.1. **Tixotropia** 129
5.1.2. **Decondiţionarea bătrânilor** 129
5.2. *LIMITAREA AMPLITUDINII DE MIŞCARE (AM)* 130
5.2.1. **Limitarea AM datorată ţesutului moale** 130
5.2.1.1. *Modificări adaptative musculare* 131
5.2.1.2. *Modificări adaptative ale ţesutului conjunctiv* 131
5.2.2. **Limitarea AM datorită articulaţiei** 133
5.2.2.1. *Limitarea AM de cauză osoasă* 133
5.2.2.2. *Limitarea AM de cauză capsulară* 134
5.3. *EVALUAREA LIMITĂRII DE MIŞCARE* 135
5.4. *MODALITĂŢI PRACTICE DE REFACEREA AM* 142
5.4.1. **Stretchingul** 142
5.4.1.1. *Stretchingul muscular* 142
5.4.1.2. *Stretchingul ţesutului conjunctiv (necontractil)* 144
5.4.2. **Inhibiţia activă (IA)** 149
5.4.2.1. *Tehnica contracţie-relaxare* 150
5.4.2.2. *Tehnica contracţie-relaxare-contracţie* .. 150
5.4.2.3. *Tehnica „contracţia agonistului"* 150
5.4.3. **Mobilizările** 150
5.4.3.1. *Jocul articular* 151
5.4.3.2. *Efectele jocului articular* 155
5.4.3.3. *Indicaţiile refacerii jocului articular* 155
5.4.3.4. *Precauţii ale mobilizărilor* 156
5.4.3.5. *Tehnicile mobilizărilor* 156
5.4.4. **Manipulările** 159

Am denumit acest capitol „amplitudinea de mişcare" şi nu „mobilitate articulară", expresia consacrată pentru acest act fiziologic de bază al aparatului locomotor, deoarece consider exprimarea de AM mult mai corectă. Mobilizarea unui segment al corpului nu implică numai intervenţia articulaţiei respective, ci şi a tuturor structurilor adiacente (ligamente, tendoane, muşchi, fascii, vase, nervi, tegumente). De altfel, în lucrările de specialitate anglo-saxone se încetăţeneşte tot mai mult termenul de „range of motion" pentru a exprima mobilizarea unui segment.

Deficitul de AM, determinat, după cum se va vedea, de o multitudine de cauze, reprezintă un element major al programelor de recuperare în cadrul patologiei aparatului locomotor (reumatismală, posttraumatică, neurologică).

Deşi pierderea de mobilitate articulară nu întotdeauna este deficitul funcţional cel mai sever, totuşi atât pacientul – care-l sesizează cel mai pregnant – cât şi recuperatorul îi acordă de obicei prima atenţie.

Limitarea AM se poate referi la mişcarea activă, mişcarea pasivă sau pasivă şi activă.

Imposibilitatea de realizare (completă sau parţială) a mobilităţii voluntare, dar cu permiterea celei pasive, are la bază deficitul de comandă neuromuscular sau de răspuns muscular deci fără interesarea aparatului articular şi periarticular adică cu păstrarea unei flexibilităţi în limite normale (vezi mai departe).

Această pierdere de mobilitate nu face obiectul acestui capitol.

Aici va fi vorba doar de acele cazuri în care se pierde din AM atât la mişcarea pasivă cât şi activă, pierdere realizată de cauze periferice articulare şi periarticulare.

Deseori în literatura medicală se utilizează ca sinonimi termenii „mobilitate" şi „flexibilitate" deşi practic nu sunt chiar superpozabili deoarece FLEXIBILITATEA este definită ca: *„amplitudinea maximă într-o articulaţie care poate fi atinsă într-un efort de moment cu ajutorul unui asistent sau a unui echipament"*.

Îmi permit să nu consider această definiţie foarte corectă din motivele pe care le voi expune mai jos.

Flexibilitatea este o noţiune concretă care se referă la o anumită articulaţie şi pe o anumită direcţie de mişcare.

Noţiunea contrară flexibilităţii este redoarea, rigiditatea, înţepeneala, adică traducerea *stiffness*-ului autorilor anglo-saxoni.

Meritã sã deschidem acum o discuţie asupra termenilor de „redoare" şi „limitare de mobilitate" care de prea multă vreme creează confuzii. Teoretic, prin REDOARE ar trebui să înţelegem dificultatea de a realiza mişcarea unui segment, dar această mişcare se poate realiza. „LIMITAREA DE MIŞCARE" arată clar că mobilizarea se realizează doar pe o parte a AM normale.

Redoarea (*stiffness*-ul) în forma ei cea mai severă este adevărat că poate să nu permită mişcarea, dar insistând şi executând câteva mişcări „de încălzire" se va obţine AM normală.

Tipul cel mai caracteristic de redoare este cea rezultată în cadrul fenomenului de *„tixotropie"* de care se va discuta ceva mai departe.

Din păcate, deseori, limitarea propriu-zisă de mişcare este consemnată din neglijenţă ca redoare (chiar şi în literatura străină se mai scapă incorect termenul de stiffness).

Definirea de mai sus a flexibilităţii spuneam că nu este foarte corectă căci se referă doar la un tip de flexibilitate (flexibilitatea pasivă). Există de fapt 3 tipuri de flexibilitate:

a) ***Flexibilitatea dinamică*** (sau kinetică) care reprezintă AM maximă ce se obţine printr-o mişcare activă.

b) ***Flexibilitatea stato-activă*** (sau activă) este AM maximă realizată printr-o mişcare activă menţinută voluntar la acest nivel prin contracţia agoniştilor şi sinergiştilor şi prin întinderea antagoniştilor.

c) ***Flexibilitatea stato-pasivă*** (sau pasivă) reprezintă AM maximă, menţinută într-o poziţie extremă prin propria greutate corporală, cu ajutorul unui asistent sau a unui echipament.

Incontestabil că ordinea de mărime a AM este c > a > b, iar mărimea dificultăţii de obţinere este exact inversă (cea mai dificil de obţinut fiind b).

Mărimea flexibilităţii este dependentă de o serie de factori pe care Gummerson îi împarte în interni şi externi.

Factorii interni sunt:

- tipul articulaţiei (rotaţia din şold este mult mai mare decât la nivelul gleznei, de exemplu), factor determinat de congruenţa articulară, de valoarea ligamentelor şi capsulei articulare;
- modificări structurale articulare;
- elasticitatea musculară. Cicatrice musculare, depuneri calcare, fibrozări, retracturi etc. scad elasticitatea musculară şi deci flexibilitatea;
- elasticitatea structurilor conjunctive: tendoane, ligamente, capsulă;
- elasticitatea pielii;
- capacitatea muşchiului de a se contracta şi relaxa pentru a permite o AM maximă;
- excesul de grăsime;
- temperatura tisulară (creşterea T° cu 1-2° măreşte semnificativ flexibilitatea);
- gradul de hidratare tisulară (ingestia de apă) creşte flexibilitatea.

Factorii externi sunt:

- vârsta (flexibilitatea scade cu vârsta);
- sexul (femeile sunt mai flexibile – cauză endocrină);
- temperatura mediului (T° crescută în cameră = flexibilitate crescută;
- momentul din zi (dimineaţa AM este mai scăzută, după-amiaza, cu maxim între orele 14^{30}-16^{00}, este cea mai mare flexibilitate);
- stadiul vindecării tisulare după diverse leziuni;
- abilitatea individuală de a performa mişcări (exerciţii);
- restricţia sau lejeritatea hainelor.

Desigur că între „redoare" şi „limitarea de mişcare" există nu numai diferenţe clinice ci, în primul rând, diferenţe determinate de cauzalitatea directă cu răspunsul structurilor tisulare angrenate în aceste procese.

Le vom discuta separat.

5.1. *REDOAREA (STIFFNESS)*

Dificultatea de mobilitate, de a obţine o AM maximă are la bază ţesuturile moi care creează o rezistenţă la alungirea fibrelor de colagen şi a celor musculare (în mai mică măsură).

Se apreciază următoarele procente de contribuţie a diverselor structuri conjunctive la instalarea redorilor.

- 47% capsula articulară şi ligamentele;
- 41% fascia musculară;
- 10% tendonul;
- 2% pielea.

Redoarea este determinată de inactivitate, lipsă de mişcare pe întreaga amplitudine sau/şi perioade mai prelungite de repaus.

Există 2 exemplificări elocvente ale procesului de stiffness:

5.1.1. *Tixotropia*

Este acea senzaţie de „ruginire", de „greutate în mişcări" pe care o avem dimineaţa la sculare sau după ce am stat mai multe ore în poziţie fixă (în maşină, la birou etc.). Dificultatea aceasta de mişcare dispare dacă se execută câteva mişcări ample pe toate direcţiile.

De fapt, termenul de „tixotropie" arată o stare a materiei şi anume o stare de vâscozitate care dispare (se fluidifică) prin mişcare.

Nu putem să scoatem ketchup-ul din sticlă deşi o ţinem cu gura în jos, decât dacă agităm puternic sticla după care el se scurge cu uşurinţă.

Ţesuturile moi periarticulare se comportă în acelaşi fel, de unde s-a dat termenul de tixotropie pentru starea de redoare matinală. Exerciţiile de mişcare „rup" vâscozitatea tisulară restabilind flexibilitatea.

În intimitatea ţesutului moale, lipsa de mişcare determină câteva modificări tranzitorii:

- deshidratarea tisulară;
- creşterea Ca^{++} intracelular care menţine punţile transversale de fixare a actinei cu miozina;
- lubrificarea defectuoasă articulară;
- stază circulatorie locală;
- control motor (comandă) incompletă.

Deci nu se produc modificări structurale ireversibile sau cu reversibilitate dificilă.

5.1.2. *Decondiţionarea bătrânilor*

Este un proces lent, care se instalează în luni şi ani sfârşind prin a fi organicizat. Printre multiplele manifestări ale acestui sindrom se află şi limitarea AM, care iniţial doar ia aspectul de stiffness având aceleaşi substraturi ca mai sus fiind desigur mai accentuat şi cu posibilităţi de redresare mai limitate şi necesitând perioade mai lungi de exerciţii.

În cadrul decondiţionării fizice a bătrânilor, redoarea se transformă în limitare de AM prin procese de scurtare adaptativă, aderenţe, metaplazii tisulare cu transformări colagenice, creşterea nivelului de fragmentaţie tisulară etc.

5.2. *LIMITAREA AMPLITUDINII DE MIŞCARE (AM)*

Scăderea amplitudinii de mişcare a unei articulaţii se produce fie datorită ţesutului moale, periarticular fie datorită articulaţiei, fie ambelor. Aşa cum precizam mai sus nu discutăm aici cazurile în care este vorba de incapacitatea mişcării voluntare din afecţiunile neurologice centrale sau periferice.

Ţesutul moale se referă la: muşchi, structurile periarticulare conjunctive (ligamente, tendoane, fascii, conjunctivul muscular) şi piele.

Articulaţia se referă la capsulă (se va vedea de ce nu o integrăm în ţesut moale conjunctiv unde de fapt i-ar fi locul) şi capetele osoase articulare.

Deoarece afectarea capetelor osoase articulare ca şi prezenţa corpurilor străine intraarticular, care pot fi cauza limitării mişcării articulare nu reprezintă un obiectiv pentru kinetoterapie, ci pentru ortopedie (într-o primă abordare) nu se va face nici o referire la acestea în cele ce urmează.

Capsula este o structură care, prin definiţie, face parte din noţiunea de articulaţie deşi este o structură moale asemănătoare ligamentului.

Limitarea mişcării articulare datorată retracturii capsulare se particularizează faţă de restul ţesuturilor atât prin aspect clinic, evolutiv cât şi kinetoterapic.

Aşadar despre limitarea AM prin interesare articulară va fi vorba ceva mai departe după ce vom analiza limitarea AM datorată ţesutului moale.

5.2.1. *Limitarea AM datorată ţesutului moale*

Orice restricţie în mobilizarea unei articulaţii pe o perioadă (variabilă) de timp sfârşeşte prin a instala o limitare a AM normale în acea articulaţie.

Cauzele restricţiei de mobilizare articulară pot fi extrem de variate, de la boli generale care cer repaus absolut (insuficienţă cardiacă, respiratorie etc.), sau nu permit mişcarea datorită durerilor „inflamaţiei" etc. (ca în poliartrite reumatoide, spondilartropatii, polimiozite etc.) până în stări patologice locale (traumatisme, ischemie, inflamaţie, spasm muscular, scădere de forţă musculară, edeme, arsuri etc.). Mai trebuie adăugat că şi în situaţii de perfectă sănătate se poate instala acelaşi proces în cazurile în care individul îşi limitează, prin stilul de viaţă, amplitudinile maxime de mişcare articulară.

Este cazul instalării treptate a decondiţionării aparatului locomotor la cei de vârsta a treia care utilizează segmentele pe o plajă de amplitudine redusă. Dar şi la persoane mult mai tinere se poate observa acelaşi fenomen. Exemplul clasic este al mişcării de extensie a şoldului pe care o găsim limitată la sedentari. În viaţa obişnuită a unui sedentar nu sunt necesare exerciţiile maxime, ajungându-se la limitarea AM a acestei mişcări. Ar fi suficient ca, măcar o dată pe zi, să executăm voit o extensie coxofemurală completă ca fenomenul să nu mai apară.

Ce se întâmplă în urma restricţiilor de mobilitate? Se produce o „scurtare adaptativă" a ţesuturilor moi care nu mai permite jocul complet articular.

Această scurtare poartă numele de *„contractură"* care se defineşte ca: „scurtarea fibrelor ţesutului moale (muşchi, structuri conjunctive) care încrucişează o articulaţie determinând o limitare a AM a acestei articulaţii".

Această contractură poate fi „de flexie", „de extensie", „de abducţie" etc. arătând pe ce parte se află ţesutul scurtat, contracturat.

Atenţie! Nu trebuie făcută confuzie între contracţie (proces în care tensiunea creşte în muşchi în timpul scurtării sau alungirii muşchiului) şi contractură. Acest ultim termen a circulat prea mult sub un înţeles restrâns cu referire doar la scurtarea fibrei musculare.

5.2.1.1. *Modificări adaptative musculare*

Imobilizarea unui membru într-o anumită poziţie determină în timp două tipuri de modificări adaptative ale fibrelor musculare.

a) Pe partea de angulare, muşchiul se scurtează, numărul de sarcomeri scade, fenomen cunoscut ca *„absorbţia sarcomerilor"*, dar creşte în schimb cantitatea de ţesut conjunctiv, proces considerat ca protectiv pentru fibra musculară în momentul în care imobilizarea încetează şi se reia mişcarea ceea ce va întinde muşchiul putând apărea rupturi de fibre musculare.

Atât scurtarea fibrelor musculare, cât şi creşterea ţesutului conjunctiv muscular sunt elemente care limitează mişcarea segmentului.

b) Pe partea de întindere a segmentului imobilizat se produce o alungire plastică a muşchiului, iar pe o perioadă mai lungă chiar o creştere a numărului sarcomerilor în serie.

Această modificare de alungire este însă tranzitorie dacă muşchiului i se permite să revină la lungimea lui normală.

5.2.1.2. *Modificări adaptative ale ţesutului conjunctiv*

Imobilizarea unui segment instalează o serie de efecte şi asupra altor structuri moi (capsulă, tendon, ligamente, fascii). Se produc şi aici „scurtări adaptative" pe faţa de angulare a segmentului. Apare o scădere a rezistenţei colagenului prin creşterea proporţională a fibrelor de elastină şi scăderea atât a numărului, cât şi a volumului fibrelor de colagen.

În cadrul decondiţionării fizice a bătrânilor, redoarea se transformă în limitare de AM prin procese de scurtare adaptativă, aderenţe, metaplazii tisulare cu transformări colagenice, creşterea nivelului de fragmentaţie tisulară etc.

5.2. *LIMITAREA AMPLITUDINII DE MIŞCARE (AM)*

Scăderea amplitudinii de mişcare a unei articulaţii se produce fie datorită ţesutului moale, periarticular fie datorită articulaţiei, fie ambelor. Aşa cum precizam mai sus nu discutăm aici cazurile în care este vorba de incapacitatea mişcării voluntare din afecţiunile neurologice centrale sau periferice.

Ţesutul moale se referă la: muşchi, structurile periarticulare conjunctive (ligamente, tendoane, fascii, conjunctivul muscular) şi piele.

Articulaţia se referă la capsulă (se va vedea de ce nu o integrăm în ţesut moale conjunctiv unde de fapt i-ar fi locul) şi capetele osoase articulare.

Deoarece afectarea capetelor osoase articulare ca şi prezenţa corpurilor străine intraarticular, care pot fi cauza limitării mişcării articulare nu reprezintă un obiectiv pentru kinetoterapie, ci pentru ortopedie (într-o primă abordare) nu se va face nici o referire la acestea în cele ce urmează.

Capsula este o structură care, prin definiţie, face parte din noţiunea de articulaţie deşi este o structură moale asemănătoare ligamentului.

Limitarea mişcării articulare datorată retracturii capsulare se particularizează faţă de restul ţesuturilor atât prin aspect clinic, evolutiv cât şi kinetoterapic.

Aşadar despre limitarea AM prin interesare articulară va fi vorba ceva mai departe după ce vom analiza limitarea AM datorată ţesutului moale.

5.2.1. *Limitarea AM datorată ţesutului moale*

Orice restricţie în mobilizarea unei articulaţii pe o perioadă (variabilă) de timp sfârşeşte prin a instala o limitare a AM normale în acea articulaţie.

Cauzele restricţiei de mobilizare articulară pot fi extrem de variate, de la boli generale care cer repaus absolut (insuficienţă cardiacă, respiratorie etc.), sau nu permit mişcarea datorită durerilor „inflamaţiei" etc. (ca în poliartrite reumatoide, spondilartropatii, polimiozite etc.) până în stări patologice locale (traumatisme, ischemie, inflamaţie, spasm muscular, scădere de forţă musculară, edeme, arsuri etc.). Mai trebuie adăugat că şi în situaţii de perfectă sănătate se poate instala acelaşi proces în cazurile în care individul îşi limitează, prin stilul de viaţă, amplitudinile maxime de mişcare articulară.

Este cazul instalării treptate a decondiţionării aparatului locomotor la cei de vârsta a treia care utilizează segmentele pe o plajă de amplitudine redusă. Dar şi la persoane mult mai tinere se poate observa acelaşi fenomen. Exemplul clasic este al mişcării de extensie a şoldului pe care o găsim limitată la sedentari. În viaţa obişnuită a unui sedentar nu sunt necesare exerciţiile maxime, ajungându-se la limitarea AM a acestei mişcări. Ar fi suficient ca, măcar o dată pe zi, să executăm voit o extensie coxofemurală completă ca fenomenul să nu mai apară.

Ce se întâmplă în urma restricţiilor de mobilitate? Se produce o „scurtare adaptativă" a ţesuturilor moi care nu mai permite jocul complet articular.

Această scurtare poartă numele de *„contractură"* care se defineşte ca: „scurtarea fibrelor ţesutului moale (muşchi, structuri conjunctive) care încrucişează o articulaţie determinând o limitare a AM a acestei articulaţii".

Această contractură poate fi „de flexie", „de extensie", „de abducţie" etc. arătând pe ce parte se află ţesutul scurtat, contracturat.

Atenţie! Nu trebuie făcută confuzie între contracţie (proces în care tensiunea creşte în muşchi în timpul scurtării sau alungirii muşchiului) şi contractură. Acest ultim termen a circulat prea mult sub un înţeles restrâns cu referire doar la scurtarea fibrei musculare.

5.2.1.1. *Modificări adaptative musculare*

Imobilizarea unui membru într-o anumită poziţie determină în timp două tipuri de modificări adaptative ale fibrelor musculare.

a) Pe partea de angulare, muşchiul se scurtează, numărul de sarcomeri scade, fenomen cunoscut ca *„absorbţia sarcomerilor"*, dar creşte în schimb cantitatea de ţesut conjunctiv, proces considerat ca protectiv pentru fibra musculară în momentul în care imobilizarea încetează şi se reia mişcarea ceea ce va întinde muşchiul putând apărea rupturi de fibre musculare.

Atât scurtarea fibrelor musculare, cât şi creşterea ţesutului conjunctiv muscular sunt elemente care limitează mişcarea segmentului.

b) Pe partea de întindere a segmentului imobilizat se produce o alungire plastică a muşchiului, iar pe o perioadă mai lungă chiar o creştere a numărului sarcomerilor în serie.

Această modificare de alungire este însă tranzitorie dacă muşchiului i se permite să revină la lungimea lui normală.

5.2.1.2. *Modificări adaptative ale ţesutului conjunctiv*

Imobilizarea unui segment instalează o serie de efecte şi asupra altor structuri moi (capsulă, tendon, ligamente, fascii). Se produc şi aici „scurtări adaptative" pe faţa de angulare a segmentului. Apare o scădere a rezistenţei colagenului prin creşterea proporţională a fibrelor de elastină şi scăderea atât a numărului, cât şi a volumului fibrelor de colagen.

Deşi fibrele de elastină au o capacitate de elongare mai mare decât cele de colagen sunt de 5 ori mai slabe decât acestea şi se rup cu uşurinţă la întindere. În plus, se ştie că fibrele colagenice absorb cea mai mare parte a stressului. Scăderea colagenului lasă ţesutul moale, vulnerabil.

Proprietăţile reologice, de lubrifiere, ale ţesutului conjunctiv scad semnificativ, crescând fenomenele aderenţiale între planurile de alunecare tisulare.

Aşa cum se definea mai sus „scurtarea adaptativă" sau „contractura" ţesutului moale (muşchi şi ţesut conjunctiv) stă la baza limitării AM.

Această contractură poate îmbrăca multe tipuri şi anume:

a) ***Contractura miostatică*** apare ca:

- scurtare adaptativă a structurii musculo-tendinoasă (stare patologică);
- stare de „încordare" *(tightness)* musculară cu uşoară scurtare tranzitorie (stare nepatologică) ce apare mai ales la muşchii biarticulari. Un muşchi cu contractură prin „încordare" (tensiune crescută) de fapt poate să fie alungit complet după câteva încercări.

Redoarea articulară (vezi mai sus) are ca una din cauze această stare de încordare musculară.

b) ***Contractura dată de cicatricele tisulare*** (orice structură) care trebuie considerate o formă densă de ţesut conjunctiv şi care se formează atunci când ţesutul conjunctiv lezat este lăsat să se vindece în imobilizare.

c) ***Contractura prin aderenţele fibrotice*** ca rezultat al unui proces inflamator cu edem şi aport crescut fibroblastic.

d) ***Contractura ireversibilă*** este dată de înlocuirea definitivă a ţesutului conjunctiv cu ţesut fibros cu sau fără calcifieri sau cu os, ţesuturi total inextensibile. În aceste cazuri, refacerea AM o face doar chirurgia.

e) ***Contractura pseudomiostatică*** (spasticitatea) este o hipertonie musculară particulară dată de lezarea sistemului nervos central şi care limitează mult AM.

*
* *

Dacă ne referim strict la muşchi, desigur că noţiunea de contractură îmbracă valenţe mult mai complexe, muşchiul fiind un organ activ şi nu pasiv ca restul ţesuturilor moi care trec peste o articulaţie.

Contractura pur musculară definită de Serratrice drept „scurtarea muşchiului sau menţinerea unei tensiuni musculare, dureroasă sau nu, reversibilă sau fixă, paroxistică sau permanentă" – este evident că nu poate avea întotdeauna acelaşi substrat fiziopatologic. Definiţia însăşi descrie, de fapt, cel puţin două stări musculare – una funcţională şi alta organicizată.

Mai aproape de realitatea clinică ni se pare clasificarea contracturii în trei tipuri:

a) ***Contractura antalgică, de apărare,*** în scopul de a bloca o articulaţie dureroasă. Este deci un reflex nociceptiv care merge pe căile polisinaptice exteroceptoare, crescând răspunsul motoneuronului alfa. Această contractură poate fi considerată ca secundară unei cauze patologice de vecinătate, şi deci trebuie respectată până se va îndepărta cauza.

b) ***Contractura algică*** este tot efectul unui reflex nociceptiv, dar o considerăm primară, căci este autoîntreţinută printr-un feedback pozitiv, punctul de plecare al durerii fiind chiar muşchiul. Este cunoscut aşa-numitul *„fenomen Vulpian"*, în care stimularea senzitivă intensă a unui muşchi izolat poate fi originea unei contracturi lente şi dureroase. Contractura algică a muşchiului cu eferentaţia intactă este mult mai puternică, căci se adaugă un factor central care menţine hiperexcitabilitatea buclei gama. De obicei, stimulul nociceptiv muscular este ischemia, dar poate fi şi un hematom, sau o leziune directă, sau o ruptură de fibră, un depozit calcar etc.

Deşi această contractură, ca şi cea antalgică, este condiţionată de reflexe polisinaptice, rămâne totuşi un fenomen miogen.

c) ***Contractura analgică*** este termenul generic care desemnează trei tipuri diferite de contractură: miostatică (Moll), miotatică (suportul spasticităţii) şi congenitală (ca în artrogripoză).

Contractura miostatică apare când un segment de membru este imobilizat într-o poziţie de scurtare musculară. Reversibilă iniţial, ea va deveni ireversibilă după mai multe săptămâni.

Contractura congenitală disontogenetică are de fapt la bază mecanisme centrale, dar şi periferice.

5.2.2. *Limitarea AM datorită articulaţiei*

Deşi pare curios, în majoritatea situaţiilor în care avem limitarea amplitudinii de mişcare articulară cauza nu se găseşte în articulaţie, ci în ţesutul moale periarticular.

Articulaţia devine cauză a limitării AM fie în leziuni ale capetelor osoase articulare, fie ale capsulei articulare.

5.2.2.1. *Limitarea AM de cauză osoasă*

Cele 2 capete osoase articulare atât prin procese destructive, cât şi proliferative, determină blocarea mişcării în articulaţie cu atât mai uşor şi mai repede cu cât congruenţa este mai mare.

Cele mai obişnuite cauze sunt:

- fracturile parcelare cu dezaxarea osului sau cu fragmente osoase intraarticulare;
- calusuri voluminoase după fracturi articulare;
- procese osteoproductive importante ca în reumatismul degenerativ, hiperostoze etc.;
- malformaţii osoase care compromit congruenţa şi alunecarea capetelor osoase;

- procese tumorale primare sau secundare;
- procese osteonecrotice ale suprafeţelor osoase articulare;
- procese infecţioase ca tbc., piogeni;
- artropatii neuropatice (diabet, tabes, siringomielie, lepră etc.);
- artrodeze chirurgicale în scop terapeutic.

Kinetoterapia va rămâne inoperantă în toate aceste cazuri. Doar ortopedia poate aduce prin intervenţii chirurgicale diverse o creştere (sau mai bine o prevenire) a AM.

Cu acest scop, se practică emondaje, osteotomii, artroplastii parţiale sau totale etc. După aceste intervenţii, kinetoterapia îşi va găsi locul pentru corectarea AM ce ţine şi de contribuţia ţesuturilor moi precum şi pentru tonifierea musculaturii.

5.2.2.2. *Limitarea AM de cauză capsulară*

Capsula, structură conjunctivă densă, are o participare importantă la menţinerea capetelor articulare în poziţie funcţională asigurând jocul liber al acestora în timpul mişcării segmentelor.

Capsula se inseră la distanţe variabile de suprafeţele articulare ale capetelor osoase permiţând un joc mai mare sau mai mic al acestora contribuind deci (în afara formei capetelor osoase) la congruenţa sau incongruenţa articulară.

Aşa cum se va discuta pe larg ceva mai departe, mişcările segmentelor (flexie, extensie, abducţie etc.) denumite mişcări pendulatorii nu ar fi posibile dacă intracapsular capătul osului care se mişcă nu ar prezenta o anumită mişcare de alunecare sau de rulare pe suprafaţa celuilalt os, mişcări pe care nu le vedem. Aceste mişcări împreună cu altele, de care se va vorbi în subcapitolele următoare formează *„Jocul articular"*, fără de care mişcarea segmentelor nu ar fi posibilă în amplitudinea ei.

Jocul articular este blocat de capsulă (bineînţeles şi de eventualele leziuni ale capetelor osoase discutate mai sus).

Capsula este afectată cel mai des de procesele inflamatorii ale sinovialei care o căptuşeşte, procese urmate de fibrozări ca şi de retracturări adaptative pe fondul imobilizărilor în diverse poziţii.

Cel mai tipic exemplu de limitare a AM de cauză capsulară este periartrita scapulo-humerală, forma umăr blocat sau îngheţat, în care mişcările din umăr, din glenă, sunt reduse la 20°-30° şi asta în articulaţia cu cea mai mare amplitudine de mişcare şi cu cele mai multe grade de libertate. Cauza fiind capsulita retractilă.

Capsulite retractile pot apărea la orice nivel articular.

Traumatismele articulare cu interesarea capsulei (în această categorie cuprinzând şi artrotomiile pentru diverse stări patologice articulare) lasă sechele capsulare cu cicatrice fibroase şi din nou cu retracturi postpoziţionale care de asemenea vor limita AM a segmentelor.

Procesele inflamatorii articulare şi periarticulare de diverse etiologii ca şi traumatismele locale pot conduce la instalarea aderenţelor locale cu interesare şi a capsulei articulare.

Limitarea AM datorită blocării jocului articular de către capsulă este un proces foarte dificil de recuperat. Cere timp lung şi mult profesionalism din partea kinetoterapeutului, căci trebuie utilizate metode kinetice speciale aşa cum se va discuta mai departe.

5.3. *EVALUAREA LIMITĂRII DE MIŞCARE*

În general, în practica clinică aprecierea deficitului de mobilitate articulară este prima evaluare care se face pacientului cu disfuncţii fizice.

Despre cauzele care pot determina limitarea AM s-a mai vorbit, ele putând avea la bază de la leziuni ale pielii (arsuri, cicatrice), până la obstacole intraarticulare (corp străin).

Cele mai frecvente cauze fiind totuşi la nivelul ţesuturilor moi care trec peste articulaţie (tendon, capsulă, ligament, muşchi) şi care suferă o scurtare a fibrelor (contractură). Patologia organului efector al mişcării (muşchiul) afectează evident AM (spasticitatea, scăderea forţei). În sfârşit inflamaţia (artrita); edemul, durerea sunt alţi factori limitativi.

Importanţa evaluării AM pentru un kinetoterapeut poate fi sintetizată în următoarele puncte:

- Pentru determinarea limitărilor de mişcare care interferează cu funcţia segmentului şi care pot produce deformări;
- Pentru determinarea necesităţilor de recuperare funcţională în vederea evitării atât a disfuncţionalităţii, cât şi a instalării diformităţilor;
- Pentru determinarea necesităţilor de ortezare sau a obiectelor de ajutorare (mânere groase la tacâmuri, limbă de pantof cu coadă lungă, suporţi de înălţat scaunul de W.C. etc.);
- Pentru determinarea progresului (sau regresului) spontan sau sub tratament a AM;
- Pentru determinarea restantului funcţional;
- Pentru aprecierea vocaţională a pacientului.

*
* *

Evaluarea AM trebuie să aprecieze atât mişcarea pasivă, cât şi cea activă. De obicei, prima dă unghiuri de mişcare mai mari. Dacă lucurile se inversează, avem de-a face cu o scădere importantă de forţă musculară.

Evaluarea de bază a AM se realizează clinic prin aşa-numitul *„testing articular"* sau „bilanţ articular" despre care însă nu vom vorbi în această monografie. El este expus pe larg, pentru fiecare articulaţie în parte şi pentru fiecare direcţie de mişcare în alte lucrări cum ar fi: Tudor Sbenghe: Kinetologie profilactică, terapeutică şi de recuperare, Editura Medicală,

Bucureşti, 1987; Luminiţa Sidenco: Bilanţul articular şi muscular, Editura APP, Bucureşti, 2000; Mariana Cordun: Kinetologie medicală, Editura Axa, Bucureşti, 1999.

Este însă locul expunerii unor aspecte teoretico-practice legate de evaluarea AM.

Deşi testingul articular pare o investigare simplă şi la îndemâna oricui, a-l considera ca atare ar fi o greşeală. În timpul executării lui, un kinetoterapeut cu practică face nu numai o măsurătoare de unghiuri de mişcare, ci şi aprecieri mai complexe.

În primul rând, este aprecierea *„senzaţiei finale"* *(end-feel)* resimţită de mâna testatorului când a parcurs întreaga amplitudine articulară posibilă ajungând la limita ei.

Aici se pot aprecia 3 tipuri de senzaţii:

– O senzaţie de duritate, ca de blocare os pe os (*end-feel* dur);

– O senzaţie de rezistenţă moale care cedează pe câţiva milimetri (*end-feel* moale);

– O senzaţie intermediară, între cele două, caracterizată ca fermă (*end-feel* ferm).

Aceste aprecieri orientează asupra structurilor implicate în limitarea de mişcare articulară.

Astfel, *end-feel*-ul dur este semn de stop osos (fragment intraarticular, calus exuberant intraarticular, fractură epifizară). Confirmată impresia clinică şi prin alte metode bolnavul, va fi orientat spre ortopedie şi nu spre sala de kinetoterapie.

End-feel-ul moale trădează cu certitudine implicarea contracturii ţesuturilor moi în limitarea AM şi deci determină şi metoda kinetoterapică de recuperare *(stretchingul)*.

În sfârşit, *end-feel*-ul ferm denotă implicarea capsuloligamentară în limitarea AP. Este ceea ce se întâmplă în umărul blocat (retractura capsulară).

În al doilea rând, testatorul are posibilitatea în timpul bilanţului articular să facă o apreciere şi asupra stării patologice tisulare, a stadiului procesului inflamator prin observarea atentă a durerii. Astfel:

– În stadiul acut inflamator, durerea apare la mobilizarea articulaţiei, cu mult înainte de atingerea *end-feel*-ului;

– În stadiul subacut durerea apare odată cu *end-feel*-ul;

– În stadiul cronic trebuie realizată o suprapresiune la limita AM.

În al 3-lea rând, bilanţul articular nu trebuie să se limiteze la testarea amplitudinilor mişcărilor pendulare sau oscilatorii cum sunt numite clasicele mişcări de flexie-extensie, abducţie-adducţie, ci trebuie să sesizeze şi valoarea „jocului articular" (vezi mai departe) ca şi înregistrarea mişcărilor anormale, adică mişcări peste limita normală sau în direcţii nefiziologice.

În acest fel, se înţelege că testingul articular nu trebuie să lămurească doar limitarea de amplitudine, ci şi fenomenul invers al exagerării de amplitudine generatoare de instabilitate articulară.

Pe acest principiu a fost creată următoarea scală cu indici:

– Ankiloză – 0
– Hipomobilitate: – cu limitare mare – 1
– cu limitare uşoară – 2
NORMAL – 3
– Hipermobilitate: – uşoară – 4
– importantă – 5
– Instabilitate – 6

Testatorul amplitudinii de mişcare trebuie, de asemenea, să fie instruit în ceea ce priveşte:

a) Poziţiile neutrale articulare, poziţiile zero;

b) Valorile mişcărilor normale;

c) Posibilitatea de mişcări trucate *(trick mouvements)* care pot înşela asupra mişcărilor reale. Un exemplu: testarea abducţiei braţului cu aplecarea în sens opus a trunchiului (mişcare trucată) dă impresia unei amplitudini mai mari;

d) Pericolele unei testări intempestive în cazurile de:
– articulaţii inflamate
– articulaţii foarte dureroase
– fracturi recente în vecinătate
– leziuni de ţesuturi moi recente (inclusiv intervenţii operatorii)
– pacienţi hemofilici
– pacienţi vârstnici cu osteoporoze avansate
– subluxaţii sau hipermobilităţi;

e) Importanţa realizării unui bilanţ articular din poziţii comode pentru testator şi testat, poziţii care să permită un abord direct neforţat.

Trebuie atrasă atenţia asupra testării articulaţiilor care sunt traversate de muşchi biarticulari (sau triarticulari). Existenţa acestor muşchi limitează amplitudinile de mişcare reale prin întinderea muşchilor. Pentru o apreciere corectă este necesară poziţionarea celei de a 2-a articulaţii pentru a anihila această întindere. Spre exemplu flexia CF trebuie testată cu G flectat pentru a anihila opoziţia ischiogambierilor.

După cum se ştie, există două sisteme de apreciere a gradului de mobilitate articulară: „sistemul de 180°" şi „sistemul de 360°". Definitiv cel de al doilea a fost îndepărtat, aşa că în prezent în toată lumea se utilizează măsurătoarea între 0 şi 180°.

În tabloul de mai jos, prezentăm pentru rememorare valorile normale ale mişcărilor articulaţiilor corpului omenesc. Aceste valori standard reprezintă mediile valorice ale populaţiei sănătoase de ambele sexe şi la diverse vârste.

Corect rezultatele testingului articular ar trebui înregistrate astfel:

Spre exemplu, la nivelul cotului:
Normal: 0°-140°
Extensie limitată: 15°-140°
Flexie limitată: 0°-110°
Flexie şi extensie limitate: 15°-110°
Hiperextensie (anormală): 10°-0°-140°

TABLOUL 5.I

VALORILE NORMALE ALE AMPLITUDINILOR MIŞCĂRILOR ARTICULAŢIILOR

COLOANA CERVICALĂ
Fl: 0-45°
E: 0-45°
Fl laterală: 0-45°
ROT: 0-60°

COLOANA TORACO-LOMBARĂ
Fl: 0-80°
E: 0-30°
Fl laterală: 0-40°
ROT: 0-45°

PUMN
Fl: 0-80°
E: 0-70°
Deviaţie ulnară: 0-30°
Deviaţie radială: 0-20°

POLICE
Fl. MCF: 0-50°
Fl. IF: 0-80° (90°)
Abd.: 0-50°

GLEZNA ŞI PICIORUL
Fl.plantară: 0-50°
Fl.dorsală: 0-15°
Inversie: 0-35°
Eversie: 0-20°

UMĂR
Fl: 0-170°
E: 0-60°
Abd.: 0-170°
Abd. orizontală: 0-40°
Add. orizontală: 0-130°
ROT intern: 0-70°
ROT extern: 0-90°

COT-ANTEBRAŢ
Fl: 0-135° (150°)
Supin.: 0-80° (90°)
Pron.: 0-80° (90°)

DEGETE
Fl. MCF: 0-90°
Hiperextensie MCF: 0-15° (45°)
Fl.IFP: 0-110°
Fl.IFD: 0-80°
Abd.: 0-25°

ŞOLD
Fl.: 0-120°
E: 0-30°
Abd.: 0-40°
Add.: 0-35°
ROT int.: 0-45°
ROT ext.: 0-45°

GENUNCHI
Fl.: 0-135°

Legenda
Fl = flexie
E = extensie
ROT = rotaţie
Abd. = abducţie
Add. = adducţie
Supin. = supinaţie
Pron. = pronaţie
MCF = metacarpofalangiană
IF = interfalangiană
IFP = interfalangiană proximală
IFD = interfalangiană distală

Este important de semnalat faptul că în activităţile umane uzuale nu folosim întreaga amplitudine de mişcare articulară. De obicei se folosesc amplitudinile din imediata vecinătate a poziţiilor de repaus articular (poziţia de funcţiune) ceea ce reprezintă aşa-numitul *„sector util de mobilizare"*. Pe măsură ce mişcarea se îndepărtează de acest sector, valoarea funcţională a amplitudinilor maxime este mai redusă.

Datorită acestui fapt, Ch. Rocher introduce noţiunea de *„coeficient funcţional de mobilitate"* pentru a exprima diferenţiat importanţa pentru funcţia articulară a diverselor sectoare de mobilitate.

TABLOUL 5.II

COEFICIENŢI FUNCŢIONALI PENTRU FIECARE ARTICULAŢIE PE DIVERSE SECTOARE DE MIŞCARE

Articulaţia	*Mişcarea*	*Sectorul de mişcare*	*Coeficientul*
Umăr	Flexie	0-90°	0,4
		90-130°	0,2
		130-170°	0,1
	Abducţie	0-45°	0,3
		45-90°	0,2
		90-180°	0,1
	Rotaţie internă Rotaţie externă Retropulsie	Indiferent de sector	0,1
Cot şi antebraţ	Flexie	0-20°	0,4
		20-80°	0,6
		80-100°	0,9
		>100°	0,4
	Supinaţie	0-30°	0,4
		30-60°	0,2
	Pronaţie	0-30°	0,4
		30-60°	0,2
		60-90°	0,1
Pumn	Flexie	0-30°	0,7
		30-75°	0,4
		>75°	0,2
	Extensie	0-30°	0,9
		30-80°	0,5
		>80°	0,1
	Abducţie Adducţie	Indiferent de sector	0,2
Şold	Flexie	0-45°	0,6
		45-90°	0,4
		90-150°	0,1
	Abducţie	0-15°	0,6
		15-30°	0,4
		30-60°	0,1
	Rotaţie externă	0-30°	0,3
		30-80°	0,1
	Adducţie Extensie Rotaţie internă	Indiferent de sector	0,2
Genunchi	Flexie	0-45°	0,9
		45-90°	0,7
		90-160°	0,4
Glezna	Flexie dorsală	0-20°	2
		20-40°	0,5
	Flexie plantară	0-20°	2
		20-70°	0,2

Fiecare tip de mişcare are coeficienţi funcţionali de mobilitate, elementari, care prin sumare determină un coeficient global funcţional.

În tabloul 5.II., sunt înregistraţi coeficienţii funcţionali pentru fiecare articulaţie pe diverse sectoare de mişcare, aşa cum i-a calculat Ch. Rocher.

Pentru a afla coeficientul funcţional de mobilitate, se înmulţeşte cifra găsită la goniometrie cu coeficientul respectiv al sectorului de mişcare articulară.

Exemplu: flexia unui şold este de 50° (pornind de la poziţia 0°) – coeficientul funcţional va fi: 50 × 0,6 = 30; un alt şold, cu flexum de 35°, are o flexie (de la acest nivel în sus) tot de 50° – coeficientul funcţional va fi: 50 × 0,4 = 20, ceea ce înseamnă că acest şold, comparativ cu primul, are un deficit funcţional de 33%.

Am văzut că testarea amplitudinii de mişcare se măsoară în grade ale unghiului realizat.

Există posibilitatea măsurătorilor în centimetri. Se notează 2 puncte pe cele 2 segmente ale articulaţiei (braţele unghiului), de obicei la mijlocul segmentelor, se execută mişcarea la amplitudinea maximă şi cu o riglă se măsoară distanţa între cele 2 puncte (fig. 5.1).

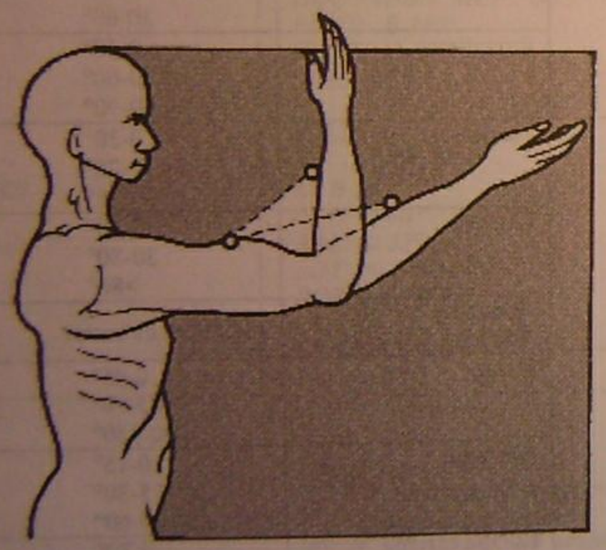


Fig. 5.1. – Măsurarea amplitudinii de mişcare (în centimetri).

Valorile bilanţului articular al unei articulaţii se pot consemna în fişa pacientului sub formă cifrică (în grade sau centimetri). Există şi o formă grafică sinoptică de înregistrare (Rocher) pe „diagrama mişcării" (fig. 5.2). Razele diagramei (liniile drepte) reprezintă:

xO = flexia (deasupra orizontalei)
yO = extensia (dedesubtul orizontalei)
zO = adducţia
wO = abducţia
tO = rotaţia externă
vO = rotaţia internă

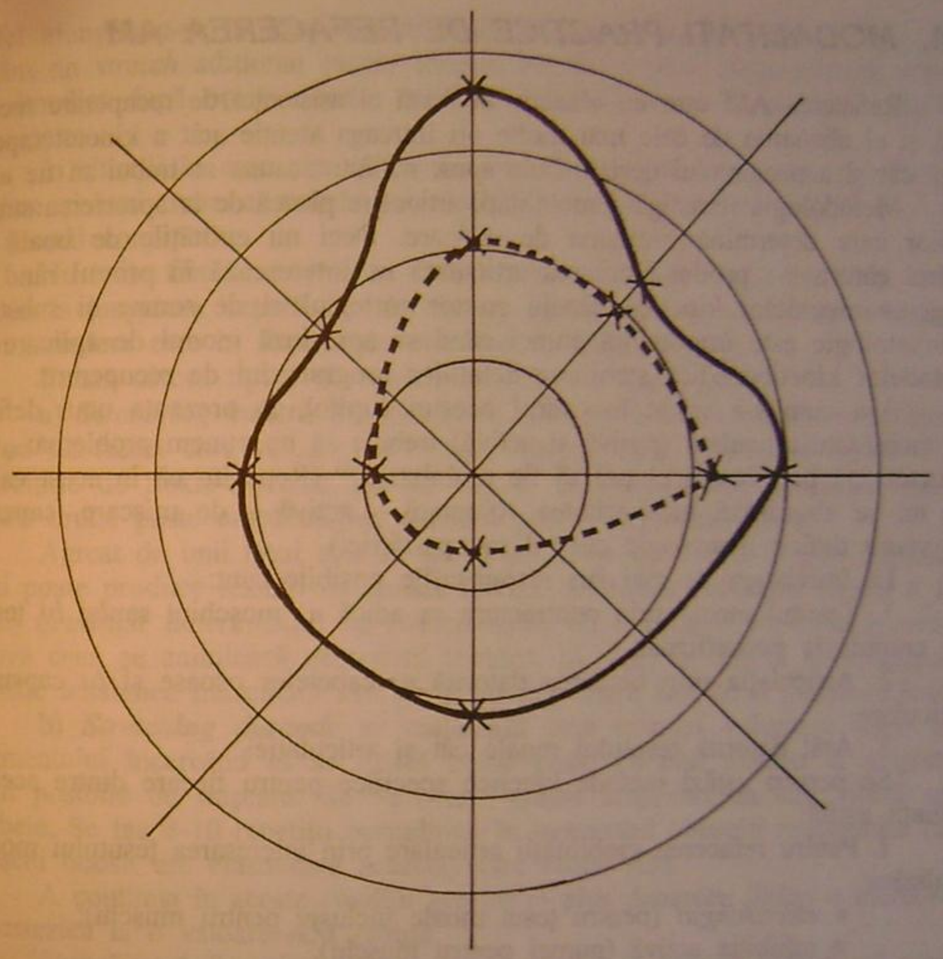


Fig. 5.2. – Diagrama mişcării (articulaţie fictivă). Poligonul cu linie continuă = diagrama normală. Poligonul cu linie întreruptă = diagrama patologică.

sO = supinaţia
pO = pronaţia

Cercurile indică gradele şi se trasează din 10° în 10° sau din 20° în 20°.

Se pot trasa diagramele normale pentru fiecare articulaţie. Diagrama unei articulaţii patologice va fi întotdeauna în interiorul celei normale şi va fi cu atât mai mică cu cât articulaţia este mai disfuncţională.

Desigur că diagramele mişcării sunt recomandate mai ales pentru articulaţiile cu mai multe grade de libertate.

Testingul articular pasiv trebuie să-l preceadă pe cel muscular ca apoi să apreciem capacitatea muşchiului de a performa o amplitudine activă. Iată explicaţia: să presupunem că avem o flexie a cotului pasivă de 100° şi una activă tot până la 100°, ceea ce ne asigură că forţa musculară este peste 3. Dacă flexia pasivă este 140°, dar cea activă doar 100°, se apreciază uşor că forţa este sub 3.

5.4. *MODALITĂŢI PRACTICE DE REFACEREA AM*

Refacerea AM este un obiectiv de bază al asistenţei de recuperare medicală şi el absoarbe de cele mai multe ori întreaga atenţie atât a kinetoterapeutului cât şi a pacientului deşi, trebuie spus, nu întotdeauna ar trebui să fie aşa.

Metodologia recâştigării mobilităţii articulare pleacă de la aprecierea structurilor care determină limitarea de mişcare. Deci nu entităţile de boală în cadrul cărora s-a produs limitarea articulară ne interesează în primul rând în alegerea metodelor kinetice. Boala cu tot cortegiul ei de semne şi substrat fiziopatologic este importantă atunci când se apreciază modul de aplicare al metodelor kinetice adică stabilirea detaliilor programului de recuperare.

Aşa cum s-a arătat în cadrul acestui capitol, în prezenţa unui deficit de mobilitate articulară (pasivă şi activă) trebuie să ne punem problema: „Ce structuri nu permit articulaţiei să fie mobilizată?" (Repetăm că în acest capitol nu se abordează incapacitatea voluntară – activă – de mişcare, cauzată de vreun deficit neurologic central sau periferic.)

La întrebarea de mai sus răspunsurile posibile sunt:

1. Ţesutul moale prin contractura sa adică *a)* muşchiul sau/şi *b)* ţesutul conjunctiv periarticular.
2. Articulaţia prin blocarea datorită *a)* capetelor osoase şi *b)* capsulei articulare.
3. Atât datorită ţesutului moale cât şi articulaţiei.

Se percep astăzi metode kinetice specifice pentru fiecare dintre aceste situaţii astfel:

I. Pentru refacerea mobilităţii articulare prin interesarea ţesutului moale utilizăm:
- *stretchingul* (pentru ţesut moale inclusiv pentru muşchi);
- inhibiţia activă (numai pentru muşchi).

II. Pentru refacerea mobilităţii articulare prin interesare articulară:
- mobilizări;
- manipulări.

În continuare, vom analiza aceste metode prin prisma bazelor lor teoretice şi practice.

5.4.1. *Stretchingul*

Orice manevră care alungeşte ţesutul moale patologic scurtat crescând amplitudinea de mobilitate articulară este numită „stretching" (întindere).

5.4.1.1. *Stretchingul muscular*

Dacă *stretchingul* se adresează muşchiului scurtat, el va realiza desfacerea miofibrilelor de actină şi miozină prin ruperea punţilor transversale şi

astfel ajungându-se la lungimea normală a muşchiului în repaus. Dacă executăm un *stretch* adiţional putem întinde muşchiul peste lungimea de repaus dar imediat după oprirea forţei externe muşchiul revine la această lungime de repaus.

În situaţii în care am aplica un *stretch* mai intens nu vom reuşi o întindere şi mai mare a muşchiului, deoarece forţa de alungire va fi preluată de ţesutul conjunctiv.

Nu toate fibrele musculare se alungesc în timpul unui *stretching*, unele rămân la lungimea iniţială sau de repaus. Lungimile la care ajunge muşchiul prin întindere este în funcţie de numărul de fibre alungite.

Există câteva tipuri de stretching pentru muşchi, astfel:

a) ***Stretching balistic*** se realizează activ cu utilizarea muşchiului întins ca pe un resort care va „arunca" corpul (segmentul) în direcţie opusă. Ex.: exerciţiile de flexie-extensie ale trunchiului făcute în forţă, încercând să se treacă brutal peste amplitudinea maximă pasivă şi cu rapiditate.

Agreat de unii (mai ales în sport) acest tip de *stretching* este periculos căci poate produce leziuni musculare sau să determine întindere bruscă a fusului muscular determinând un *stretch*-reflex cu contracţie musculară consecutivă ceea ce anihilează obiectivul urmărit. În plus, în timpul stretchingului balistic tensiunea musculară este de 2 ori mai mare faţă de o întindere lentă.

b) ***Stretching dinamic*** se realizează prin mişcări voluntare lente ale segmentului încercând să se treacă blând peste punctul maxim al amplitudinii posibile de mişcare. Se va creşte gradat amplitudinea sau viteza sau ambele. Se fac 8-10 repetiţii oprindu-ne în momentul oboselii muşchiului (un muşchi obosit are elasticitate scăzută) care scade AM.

A continua în aceste condiţii greşim în plus deoarece fixăm o memorie kinestezică la o valoare AM redusă.

Stretchingul dinamic este o foarte bună tehnică pentru „încălzirea" musculară înainte de exerciţiile aerobice.

c) ***Stretchingul activ*** *(sau stato-activ)* se efectuează tot prin mişcare voluntară spre AM maxim posibilă, poziţie în care segmentul este menţinut 10-15 sec prin contracţia agoniştilor fără vreun ajutor exterior. Tensiunea crescută (contracţie concentrică) în agonişti va induce reflex, prin „inihibiţie reciprocă", relaxarea antagoniştilor (care au reprezentat obiectivul stretchingului activ).

Este o bună metodă de ameliorare a flexibilităţii active, folosită mult în exerciţiile tip Yoga.

d) ***Stretchingul static*** denumit şi *„pasiv"* deoarece este realizat nu prin forţă proprie musculară, ci de către o forţă exterioară (alte părţi ale corpului sau propria greutate corporală, kinetoterapeutul sau cu ajutorul unui echipament).

Pacientul relaxat, kinetoterapeutul (sau un echipament) execută o mişcare pasivă care întinde musculatura de pe faţa opusă a direcţiei de mişcare.

Atenţie! stretchingul pasiv nu este acelaşi lucru cu exerciţiul pasiv kinetic, acesta se realizează numai în cadrul amplitudinii posibile de mişcare.

Este un exerciţiu bun pentru relaxarea spasmului muscular ca şi pentru a reduce oboseala şi durerea în perioada „de răcire" după un efort sau program kinetic intens.

Stretchingul pasiv trebuie să dureze minimum 10 sec. După unii autori poate merge până la 1 min. sau în tot cazul în medie 20 sec. De fapt o serie de studii au precizat ca metodologie seturi de 2-5 repetiţii cu 15-30 sec repaus între fiecare întindere.

e) ***Stretchingul isometric*** este combinarea stretchingului pasiv cu o contracţie isometrică în poziţia de întindere pasivă realizată de kinetoterapeut.

Şedinţa se derulează astfel:

- kinetoterapeutul întinde muşchiul contracturat printr-o mişcare lentă, pasivă, a segmentului respectiv. Ajuns la amplitudinea maximă permisă;
- pacientul face o contracţie isometrică a muşchiului întins (rezistenţa o asigură kinetoterapeutul) care durează 7-15 sec ;
- apoi se recomandă relaxare minimum 20-25 sec şi se reia.

De obicei nu se face decât o şedinţă de stretching isometric pentru un grup muscular pe zi.

Specialiştii chiropracticieni au demonstrat că aplicarea tehnicilor de stretching manual asupra coloanei, respectiv a coloanei cervicale (suboccipital), determină ameliorarea AM la nivelul membrelor inferioare, de exemplu creşterea flexiei şoldului (H. Pollard, G. Ward). Rămâne ca aceste observaţii să fie confirmate şi, desigur, explicate.

5.4.1.2. *Stretchingul ţesutului conjunctiv (necontractil)*

Pentru întinderea ţesutului conjunctiv limitator de AM metodele de mai sus, de întindere, bune pentru muşchi, nu-şi pot găsi justificarea şi pentru întinderea fibrelor de colagen din ligamente, tendoane, capsule, fascii, inclusiv conjunctivul muşchiului. Aceasta se datorează proprietăţilor particulare mecanice ale fibrei de colagen.

Câte ceva despre aceste aspecte au mai fost expuse în treacăt şi în alte părţi ale monografiei. Aici însă este locul unei descrieri mai cuprinzătoare.

După cum s-a arătat, AM poate fi serios limitată prin scurtările adaptative ale ţesutului moale necontractil. Este logic să ne imaginăm că pentru a recâştiga AM iniţială va trebui ori să reîntindem acest ţesut, ori să-l secţionăm. Cea de a 2-a posibilitate se practică în condiţii şi în indicaţii speciale care nu formează obiectul acestei monografii.

Întinderea ţesutului necontractil este posibilă nu numai pentru fibrele elastice conjunctive care au un modul de alungire relativ mare, dar şi pentru fibrele de colagen mai greu extensibile.

Cunoaşterea proprietăţilor mecanice ale acestui ţesut conjunctiv stă la baza aplicării stretchingului ca metodă kinetică pentru refacerea AM prin întinderea lui.

Rezultanta tracţiunii ţesutului necontractil este dependentă de curba *„stress-strain"* (tensiune-deformare) a ţesutului, determinată de caracteristicile mecanice ale acestuia.

Să explicăm mai întâi termenii:

„Stress" este raportul între forţa de tracţiune şi mărimea suprafeţei de secţiune a ţesutului tracţionat (deci forţa/unitate de suprafaţă). Forţa de întindere mai este definită ca „tensiune" şi ea se aplică perpendicular pe suprafaţa de secţiune. Precizarea este necesară deoarece mai există şi alte 2 tipuri de stress şi anume „compresia" în care caz forţa se exercită perpendicular spre suprafaţă de secţiune precum şi „forfecarea" *(shear)* în care caz forţa este paralelă cu secţiunea ţesutului.

Strain reprezintă raportul dintre gradul de deformare (alungire) a ţesutului faţă de lungimea iniţială a lui.

În figura 5.3. este reprodusă curba *stress-strain* a fibrei de colagen. Tracţionând de o fibră de colagen, pentru o primă fază, obţinem o dispariţie a ondulărilor (încreţiturilor) fibrei care devine întinsă-netedă dar nu în tensiune (este „zona A"). Continuăm să tracţionăm întinzând fibra în „zona B", zona elastică. În această zonă, dacă eliberăm fibra de tracţiune ea revine la lungimea iniţială (punctul „c" revine la „0"). Continuăm tracţiunea şi pătrundem în „zona C", zona plastică. Dacă în acest moment eliberăm fibra de tracţiune ea nu mai revine la lungimea iniţială, s-a alungit. Punctul „a" sau „b" nu mai revin la „0", ci la poziţia „a_1" sau „b_1". Continuăm tracţiunea şi la un moment dat ajungem la un punct („de gâtuire" g) unde se produce o considerabilă slăbire a ţesutului şi unde o forţă de tracţiune chiar redusă este suficientă pentru a deforma (a întinde) fibra care apoi imediat se va rupe. Astfel intrăm în „zona D" de faliment al fibrei.

Efectul tracţiunii asupra fibrei conjunctive este dependent de mărimea forţei aplicate, de viteza tracţiunii, de durata ei şi bineînţeles de structura fibrei.

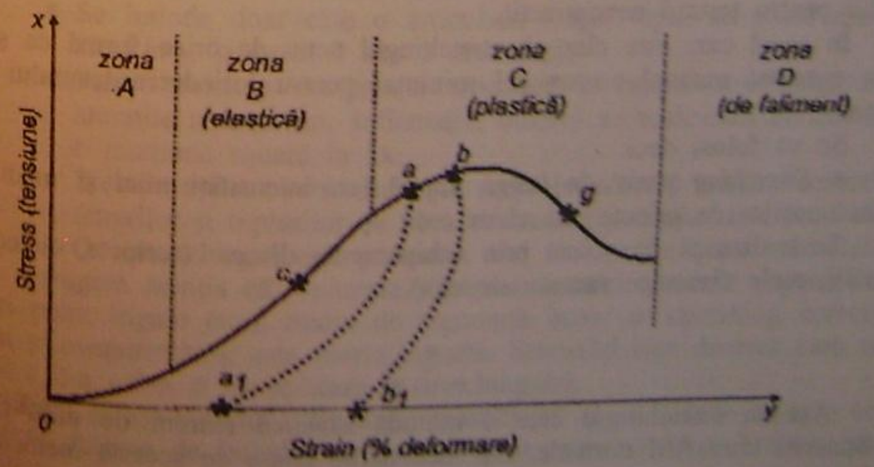


Fig. 5.3. – Curba stress-strain a fibrei de colagen.

O fibră de colagen are o rezistenţă de 5 ori mai mare decât o fibră elastică. Fibra de colagen se lasă întinsă greu (complianţă scăzută) şi intră repede în zona plastică. De regulă, o fibră de colagen întinsă cu 7-8% ajunge la punctul de gâtuire gata să falimenteze. Dar un ligament întreg poate rezista şi la o întindere de 20-40% din lungimea sa iniţială.

O fibră elastică are capacitatea mare de elongare chiar la forţe mici, iar la forţe mari falimentează brusc.

În general, ţesuturile structural mai rigide au o scăzută capacitate de deformare elastică (în zona B panta este abruptă). Cauza este gradul înalt de legătură între fibre şi matricea înconjurătoare. Pentru a apărea deformarea, trebuie ca să se producă modificări structurale, moleculare, în ţesut şi anume se realizează o desfacere a legăturilor dintre fibre cu o remodelare (reaşezare) şi relegare a lor pe liniile de stress. În cazul unei forţe de tensiune prea mare se ajunge la ruperea fibrei.

Deformarea plastică produce o eliberare de căldură măsurabilă pe bucla de histerezã, sub curba din zona plastică.

Când ţesutul este supus la încărcări clinice fie cu multe repetări dar mai slabe, fie mai intense şi cu mai puţine repetări, apare *„oboseala"* ţesutului, adică pericolul ca să apară falimentul sub punctul de cedare.

Din fericire, biologic ţesuturile au capacitatea de reparare între ciclii de întindere dacă încărcarea nu a fost prea mare şi dacă se lasă pauze între cicli.

Datorită acestei „oboseli" apar sindroamele de suprauzură ca şi fracturile de stress.

Studiile asupra curbei *stress-strain* a ţesutului necontractil au concluzionat că o tracţiune cu forţă redusă dar pe o perioadă lungă de timp creşte deformarea plastică a ţesutului permiţând un rearanjament gradual al fibrelor de colagen şi a substanţei fundamentale.

Din datele generale de mai sus se poate deduce particularitatea stretchingului pentru ţesutul necontractil.

În acest caz, este clar că stretchingul activ de orice formă ca şi cel pasiv executat manual au un rol minimal pentru întinderea ţesutului conjunctiv.

Se va folosi deci:

- *Stretching* pasiv de lungă durată (cu intensităţi mici şi medii) de ordinul zecilor de minute sau chiar ore.

Se realizează de obicei prin echipamente diverse (scripete, cu contragreutăţi, atele dinamice sau seriate etc.).

*
* *

Aşadar, stretchingul este o metodă kinetică extrem de utilă pentru reobţinerea unei AM normale. Dar beneficiile aduse de această metodă sunt mult mai complexe. Iată, după A. Adler, care ar fi acestea.

– Creşte flexibilitatea ţesuturilor (supleţea lor);
– Creşte abilitatea de a învăţa sau performa diverse mişcări;
– Determină relaxarea fizică şi psihică;
– Determină o conştientizare asupra propriului corp;
– Scade riscul de traumatisme ale aparatului locomotor prin exerciţii fizice, muncă, sport;
– Determină o stare „de bine" fizică;
– Scad durerile musculare şi tensiunea musculară;
– Realizează încălzirea ţesutului (această problemă va fi discutată în alt capitol).

Din păcate, aşa cum insistă M. Adler, aplicarea acestei metode excelente este realizată deseori fără respectarea unor reguli obligatorii.

Aceste reguli ar fi:

a) Evaluarea corectă a pacientului înainte de aplicarea stretchingului.
   - Cauza şi structurile care determină scăderea AM şi aplicarea metodei corecte de redresare;
   - Aprecierea eventualelor contraindicaţii sau restricţii parţiale.

b) Dacă în zona care urmează să execute stretching există dureri, trebuie foarte bine analizate cauzele înainte de a se face indicaţia.

c) Pregătirea pacientului pentru stretching.
   - Încălzirea ţesutului. Un ţesut încălzit sau/şi sub căldură se alungeşte cu mai multă uşurinţă;
   - Aplicarea unor procedee de relaxare (relaxare generală Schultz, Jacobsen etc. sau/şi locală prin masaj);
   - Alegerea procedeului cel mai adecvat şi comod pentru pacient într-o poziţionare corectă care va permite reala întindere a ţesutului dorit.

d) Aplicarea tipurilor şi tehnicii de stretching în mod corect.
   - Sub raportul parametrilor: durată, intensitate, ritm al ciclurilor;
   - Se începe cu articulaţiile distale, apoi se trece spre cele proximale;
   - Se întinde doar câte o articulaţie iniţial, apoi se poate executa *stretching* şi peste 2 sau 3 articulaţii;
   - Pentru evitarea compresiei articulare în timpul stretchingului în anumite situaţii (ex. inflamaţie, durere) se realizează concomitent o tracţiune uşoară în ax.
   - Trebuie evitat *overstretchingul* (supraîntinderea) cauză frecventă a durerilor şi rupturilor de fibre musculare şi conjunctive (mai ales). Overstretchingul este periculos mai ales pe un ţesut neîncălzit.

Atragem atenţia că, în unele situaţii (vârstnici, procese degenerative, ţesuturi prost irigate etc.), marja de siguranţă între un stretching corect şi eficient şi overstretching este foarte îngustă. Semnalul este durerea care reapare şi a 2-a - 3-a zi de aplicare a stretchingului.

Există şi aşa-numitul „stretching masochist" al unor indivizi care simt plăcere în durerea de întindere musculară prin *overstretching*. Trebuie să li se explice pericolul.

În stretchingurile active, controlul respiraţiei este important. Întinderea se va face pe un expir lent, prelungit, eventual cu buzele mai strânse sau pronunţând h-h-h- sau f-f-f. Respiraţia să fie de tip abdominal. În acest fel, respiraţia este utilizată ca o „pompă" în timpul stretchingului pentru creşterea fluxului sanguin intramuscular.

e) Respectarea precauţiilor în indicarea şi aplicarea metodei stretchingului.
- Întinderea ţesuturilor care au fost în imobilizare prelungită trebuie realizată cu multă grijă căci riscă ruperea lor datorită fragilităţii fibrelor conjunctive postimobilizare;
- Pacienţii cu osteoporoză pot face smulgeri osoase la inserţiile ţesuturilor întinse.

De asemenea, la cei cu fracturi recente încă incomplet consolidate, pot apărea dislocări.
- Ţesuturile inflamate, edemaţiate, suportă greu *stretchingul* (durere), dar au şi o rezistenţă scăzută;
- Musculatura antigravitaţională cu forţă slabă (din diverse motive) nu trebuie supusă unui stretching prea intens;
- Atenţie la pacienţii cu tulburări psihice şi/sau comportamentale.

f) Să se ţină seama de contraindicaţiile stretchingului.
- Când limitarea AM este de cauză osoasă;
- După o fractură recentă neconsolidată;
- În prezenţa unui proces inflamator acut sau infecţios intraarticular sau periarticular;
- În prezenţa persistenţei unei dureri la orice mişcare articulară;
- În prezenţa unui hematom sau a altor semne lezionale ale ţesutului moale;
- Când scurtarea adaptativă care limitează AM realizează din punct de vedere funcţional o stabilitate crescută articulară fără de care am fi în prezenţa unei instabilităţi articulare sau a unei precare lipse de abilitate (ex. în unele pareze sau scăderi severe de forţă musculară).

În practica stretchingului, durerea joacă un rol foarte important. Ea trebuie analizată bine mai ales sub raportul momentului apariţiei ei: înainte, în timpul, după stretching. Trebuie încercat întotdeauna să se depisteze cauza.

Astfel putem incrimina:

a) cauze comune cum ar fi lipsa de încălzire înainte de exerciţiu cu mici rupturi de fibre;

b) supraexerciţiu care determină acumularea de metaboliţi acizi ce produc durere. Putem combate uşor aceste dureri prin încălzire, *stretching-isometric*, masaj, dar şi prin aport crescut de Vitamina C sau ingestie de bicarbonat de Na înainte de efort;

c) tot un *stretching* exagerat poate duce la scădere de flux sanguin cu apariţie de dureri şi intrare în cercul vicios durere – contracţie – scădere flux – durere;

d) durerile la sedentari (apar repede) nu este necesar să le luăm în considerare căci vor dispărea după câteva exerciţii;

e) paradoxal, dar sunt mai importante de luat în seamă durerile apărute la atleţi după *stretching* activ de diverse tipuri. Aceste dureri denotă sigur apariţia de leziuni tisulare cu edem etc. În medicina sportivă americană se spune că în aceste cazuri trebuie imediat aplicată metoda RICE *(Rest, Ice, Compression, Elevation)* adică repaus de efort, gheaţă locală, bandaj elastic local şi poziţionare antideclivă a segmentului;

f) durerile existente înainte de începerea stretchingului trebuie analizate cauzal prin metode clinice şi paraclinice.

Deşi *stretchingul* este o metodă cu o practică apreciabilă, metoda încă nu şi-a stabilit bine parametrii mai ales în ce priveşte durata şi frecvenţa. Se pare că ar trebui studii în această direcţie pentru fiecare grup muscular.

Cel mai studiat grup muscular este cel al ischiogambierilor. Recent concluzia este că *stretchingul* acestor muşchi trebuie să dureze 30 sec. o dată pe zi. Un număr dublu de secunde şi 2 şedinţe pe zi nu aduc nimic în plus.

O altă problemă este durata menţinerii rezultatelor obţinute prin stretchingul muşchilor. Moller M, Ekstrand J. şi colab., lucrând pe subiecţi sănătoşi, executând tehnica combinată de stretching cu inhibiţie activă pe principalii muşchi ai membrului inferior, obţin rezultate semnificative în creşterea AM care s-au menţinut 90 de minute. Câteva procente de creştere a AM după o şedinţă: abductorii şoldului cu 17%, flexorii şoldului cu 4%, flexorii genunchiului cu 4%, dorsiflexorii piciorului cu 18% etc.

5.4.2. *Inhibiţia activă (IA)*

După cum arătam mai sus există 2 metode kinetice pentru refacerea AM compromisă de contractura musculară: stretchingul şi inhibiţia activă.

Inhibiţia activă se aplică bineînţeles numai ţesutului contractil, având la bază inducerea relaxării reflexe musculare prin intermediul unor tehnici speciale care fac parte din grupul mare al tehnicilor de facilitare neuroproprioceptivă (PNF). Din acest motiv, IA nu se aplică decât muşchiului normal inervat şi sub control voluntar normal. Deci aceste tehnici nu-şi au locul în situaţii clinice ca: slăbire musculară accentuată, paralizii, spasticitate piramidală, miopatii severe.

Pentru a realiza creşterea mobilităţii, IA se asociază cu stretchingul, ea având rolul să pregătească muşchiul, relaxându-l pentru a putea fi întins şi ţesutul conjunctiv al muşchiului. Ţesutul contractil fiind decontractat prin IA, stretchingul va reuşi cu uşurinţă să facă să cedeze sarcomerii.

Există 3 tehnici utilizate obişnuit pentru obţinerea IA: tehnica *hold-relax* (contracţie-relaxare), tehnica *hold-relax-contraction* (contracţie-relaxare-contracţie) şi ca o variantă tehnica *contracţiei agonistului*.

5.4.2.1. *Tehnica contracţie-relaxare*

Se bazează pe principiul *„inhibiţiei autogenice"* Sherrington, adică contractarea intensă a unui muşchi este fiziologic urmată de o relaxare a acestuia. Acest proces fiziologic este „patronat" de reflexul de tendon Golgi care se activează în cazul creşterii intense a tensiunii de contracţie a muşchiului, reflexul intrând imediat în funcţie în mod protectiv prin inhibiţia contracţiei muşchiului. Acest moment de inhibiţie (relaxare) musculară este folosit pentru alungirea lui prin stretching.

Tehnic, lucrurile se petrec astfel:

– Se aduce segmentul la nivelul de amplitudine de mişcare maxim posibil;

– Se realizează în acest punct timp de 5-10 sec. o contracţie isometrică maximă a muşchiului care trebuie alungit căci blochează AM.

Imediat apoi se solicită o relaxare cât mai bună în care timp kinetoterapeutul exercită un stretching pasiv al muşchiului.

Repaus câteva secunde (20-40 sec.) şi se reia exerciţiul; se fac 3-5 repetiţii.

5.4.2.2. *Tehnica contracţie – relaxare – contracţie*

La tehnica precedentă se asociază în final o contracţie concentrică a muşchiului opus celui retracturat, care trebuie întins, adică pacientul execută un *stretching* activ. Prin această completare se realizează o *„inhibiţie reciprocă"* Sherrington prin care contracţia unui muşchi induce inhibiţie (relaxare) opozantului său.

5.4.2.3. *Tehnica „contracţia agonistului"*

Se impune o precizare de termeni. În cadrul celor 3 tehnici de inhibiţie activă muşchiul agonist este muşchiul opus celui retracturat, iar antagonist este muşchiul retracturat.

Tehnica are la bază tot inhibiţia reciprocă şi se realizează prin contracţia puternică a muşchiului agonist (contra unei rezistenţe), după care antagonistul relaxat va fi întins.

Tehnica contracţiei agonistului se utilizează în cazul muşchiului retracturat dureros sau când acesta este într-un stadiu precoce de vindecare după o lezare.

5.4.3. *Mobilizările*

Termen destul de ambiguu prin noţiunea generală pe care o reprezintă căci, în fond, orice exerciţiu dinamic determină „mobilizarea" unuia sau mai multor segmente.

Termenul totuşi a intrat în practica de kinetoterapie sub numele complet de „Mobilizarea articulaţiei periferice" (MAP), tehnică care alături de „Manipulare" face parte din *Terapia manuală.*

MAP are ca definiţie – „mişcare pasivă executată foarte lent (în aşa fel încât pacientul ar putea-o opri la dorinţă), mişcare oscilatorie sau continuă de întindere cu scop de creştere a amplitudinii de mişcare articulară sau cu scop antialgic".

De reţinut efectele antialgice ale MAP, efecte reale dovedite ca atare (se va reveni).

AMP ca tehnică de creştere a AM, s-a arătat ceva mai înainte, se adresează acelor cazuri în care limitarea de mişcare are cauză articulară şi anume o afectare capsulară. Capsula blocând „jocul articular" al capetelor osoase.

Mişcarea segmentelor la nivelul articular este un proces mai complex decât ceea ce se constată la o primă vedere.

a) Ceea ce vedem noi sunt mişcări de tip pârghie denumite *mişcări pendulare* oscilatorii *(swing)* şi descrise după direcţia lor faţă de axele de mişcare ca flexie, extensie, abducţie, adducţie, rotaţie, circumducţie; se măsoară goniometric (în grade), iar mărimea lor o numim amplitudine de mişcare (AM).

Aceste mişcări se execută la voinţa noastră şi evident pot fi realizate şi pasiv.

b) Există un al 2-lea tip de mişcări numite *mişcări accesorii* care se realizează fără participarea voliţională a noastră şi deci nu le putem controla.

Există două tipuri de mişcări accesorii şi anume: *mişcările componente,* acele mişcări care apar în mod normal ca însoţitoare obligatorii ale mişcărilor pendulare (ex. rotaţia tibiei în timpul flexiei şi extensiei gambei, rotaţia claviculei şi scapulei în flexia umărului etc.) şi *jocul articular,* acele mişcări ale capetelor osoase, intraarticular, care realizează schimbarea raporturilor dintre punctele de pe cele 2 suprafeţe articulare.

AMP se adresează jocului articular.

5.4.3.1. *Jocul articular*

În interiorul capsulei capetele articulare se mişcă după legi dinamice precise pentru a permite levierului (segmentului de membru) să-şi ia direcţia de pendulare dorită.

Mişcările jocului articular sunt:

- rulare *(rolling)*;
- alunecare (*sliding)*;
- răsucire (*spinning)*;
- compresie (*compression* sau *approximation* cum apare în unele materiale de specialitate, derivând de la sufixul *proximus* adică „foarte apropiat");
- tracţiune *(traction, distraction, separation).*

Înainte de a descrie aceste mişcări ale jocului articular, trebuie să precizăm că joc articular nu au decât articulaţiile mobile şi anume, mai ales cele două forme de bază: ovoidă (un os cu suprafaţa concavă, iar celălalt convexă) şi selară (suprafaţă concavă într-o direcţie şi convexă în alta, iar cealaltă suprafaţă invers – ca în articulaţia trapezometacarpiană a policelui).

A. **Rularea**

Rularea se realizează în condiţiile în care, prin mişcare, puncte noi de pe suprafaţa unui os intră în contact mereu cu puncte noi de pe suprafaţa celuilalt os (fig. 5.4.).

Pentru a se produce această mişcare suprafeţele articulare trebuie să fie incongruente adică să existe suficient spaţiu articular pentru rularea capetelor osoase.

Mişcarea de pendulare a levierului – segment de membru realizează un unghi articular („mişcare angulară").

Rularea unui cap articular osos, fie că este concav, fie că este convex, se face întotdeauna în aceeaşi direcţie cu angularea (fig. 5.5.). Spre direcţia de angulare, rularea determină o zonă de compresie a capetelor osoase, iar pe partea opusă o zonă de separare a capetelor osoase. Atenţie la această realitate anatomo-funcţională intraarticulară când vrem să realizăm un stretching pe partea de angulare.

În condiţii normale, în majoritatea cazurilor nu avem o rulare pură, ci în combinaţie cu alunecarea şi răsucirea.

B. **Alunecarea**

Este o mişcare intracapsulară care se realizează numai în condiţiile unei articulaţii congruente cu suprafeţe articulare fie plate, fie lin curbe.

Condiţia fizică a unei alunecări este ca un punct de pe o suprafaţă să intre în contact mereu cu puncte noi de pe cealaltă suprafaţă (fig. 5.6.).

Spre deosebire de rulare, direcţia alunecării este în funcţie de forma suprafeţei articulare (concavă, convexă) care se mişcă. Acest proces poartă numele de *„regula concavităţii – convexităţii"* (fig. 5.7.). Dacă alunecă capul osos convex aceasta se face în direcţie opusă angulării segmentului de membru. Dacă alunecă osul cu suprafaţă articulară concavă, alunecarea se produce în acelaşi sens cu angularea levierului.

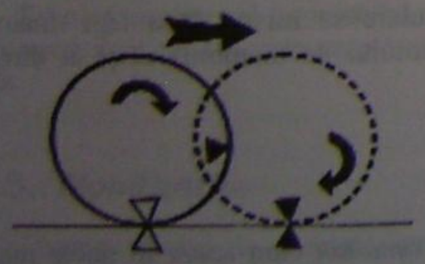


Fig. 5.4. – Schema rulării unei suprafeţe osoase pe alta.

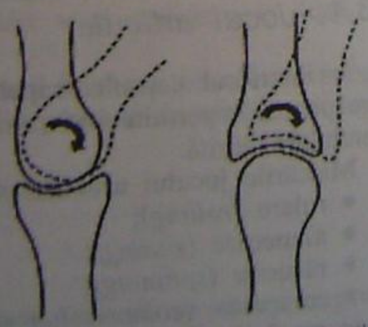


Fig. 5.5. – Rularea în aceeaşi direcţie cu mişcarea osului.

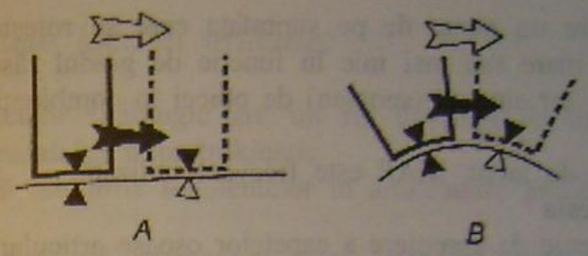


Fig. 5.6. – Alunecarea unei suprafeţe articulare pe alta.

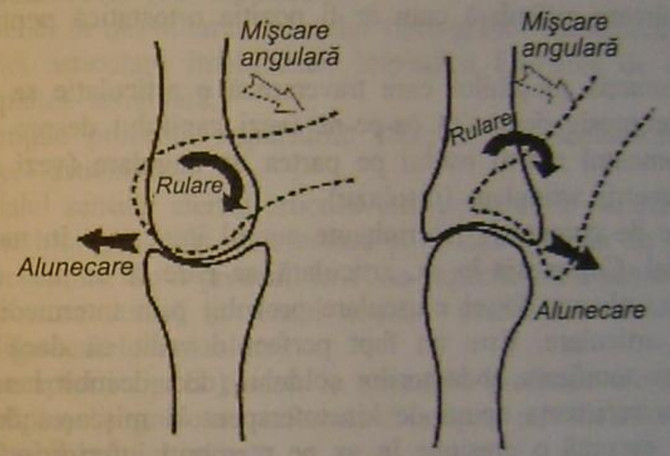


Fig. 5.7. – Regula concavităţii-convexităţii.

Rularea şi alunecarea se combină în proporţii variabile în funcţie de gradul de congruenţă articulară. În articulaţia cu congruenţă slabă va predomina rularea, iar în articulaţii congruente va predomina alunecarea.

Alunecarea este cea mai utilizată în tehnicile AMP pentru refacerea jocului articular neavând contraindicaţii, nedeterminând presiuni parcelare crescute (compresii) intraarticulare aşa cum am văzut că poate determina rularea. Evident, când nu avem de ce ne teme, rularea este o bună tehnică AMP pentru creşterea AM.

Dacă kinetoterapeutul mişcă pasiv suprafaţa articulară respectând regula concavităţii-convexităţii, tehnica este denumită *„glisare translatorică"* sau simplu „glisare" având rolul de a evita durerea, în momentul în care se execută concomitent cu un stretching pasiv manual.

C. **Răsucirea**

Este o rotaţie a segmentului, respectiv a capului osos articular, în jurul axului longitudinal al osului (fig. 5.8.).

Fig. 5.8. – Răsucirea.

Prin răsucire un punct de pe suprafaţa care se roteşte, realizează un arc de cerc mai mare sau mai mic în funcţie de gradul răsucirii.

Se produce rar singură (spontan) de obicei în combinaţie cu alunecarea şi/sau rularea.

Ca tehnică de lucru, MAP este frecvent utilizată.

D. **Compresia**

Este o mişcare de apropiere a capetelor osoase articulare cu micşorarea spaţiului articular:

Ea apare:

- în încărcare articulară cum ar fi poziţia ortostatică pentru articulaţiile portante;
- în contracţia muşchilor care traversează o articulaţie se realizează o presiune de compresie denumită os-pe-os (vezi capitolul despre kinetică);
- în momentul rulării osului pe partea de angulare (vezi mai sus);
- în asimetrii articulare (displazii).

Mişcările de compresie intermitente au rol important în mobilizarea lichidului sinovial. Compresia în ax, articulară, se pare că ar juca un rol foarte interesant şi în valoarea forţei musculare probabil prin intermediul reflexelor proprioceptive articulare. Este un fapt perfect dovedit că dacă se lucrează isometric pentru tonifierea abductorilor şoldului (deci decubit heterolateral) şi concomitent cu rezistenţa opusă de kinetoterapeut la mişcarea de abducţie a coapsei acesta exercită o presiune în ax pe membrul inferior având priză pe talpă se va înregistra o creştere de forţă mai rapidă. Acest fapt nu a fost verificat însă la toate grupele musculare cercetate. Studiile continuă.

E. **Tracţiunea**

Mişcarea de separare a capetelor osoase nu se produce spontan decât în situaţii speciale. Tracţiunea este însă o tehnică larg aplicată în refacerea jocului articular de obicei pentru facilitarea altei mobilizări (rulare, glisare). Decoaptările capetelor articulare prin tracţiunea în ax reprezintă şi o foarte eficientă tehnică mobilizatorie cu efect bun antialgic mai ales a face stretchingul mai suportabil.

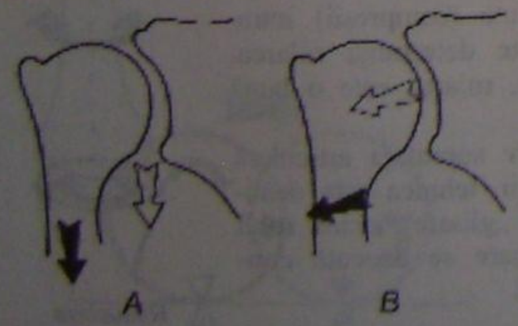


Fig. 5.9. – Tracţiunea.
A = Tracţiunea în axul humerus determină alunecare; *B* = Tracţiunea pentru decoaptare.

Atragem atenţia că o corectă tracţiune pentru decoaptarea capetelor osoase nu se face întotdeauna în axul longitudinal al osului. Un exemplu este articulaţia scapulo-humerală (fig. 5.9.).

Procesele inflamatorii articulare beneficiază în mod evident de tracţiuni prelungite în timp.

De asemenea spasmul muscular periarticular este deseori rezolvat prin acelaşi tip de tracţiuni.

5.4.3.2. *Efectele jocului articular*

Jocul articular fiziologic are un rol deosebit de important în buna funcţionare a aparatului mioartrokinetic.

a) Asigură mişcările segmentelor în articulaţiile periferice aşa cum s-a discutat deja;

b) Reprezintă un permanent stimul biologic trofic articular printr-o repartiţie fiziologică a lichidului sinovial protejând astfel cartilajul şi fibrocartilajul intraarticular (ex. meniscul);

c) Blochează dezvoltarea ţesutului fibro-grăsos intraarticular ce apare în condiţiile unei articulaţii imobilizate; împiedică formarea de aderenţe, menţine deci supleţea articulară;

d) Menţine prezente impulsurile aferente ale feedbackului proprioceptiv de la nivel articular.

Potenţialul sensitiv aferent articular este deosebit de complex controlând o serie de efecte biologice prin multitudinea şi variaţia tipurilor de receptori locali;

- receptorii tip I prezenţi în zona superficială a capsulei controlează postura statică şi sensul mişcării (inclusiv receptorii tip III din ligamentele articulare);
- receptorii tip II plasaţi în straturile profunde ale capsulei şi ale căptuşelii grăsoase informează asupra modificărilor în viteza de mobilizare articulară;
- receptorii tip I, II, III contribuie direct la reglarea tonusului muscular.

Toţi aceşti mecanoceptori fac parte din schema feedbackului proprioceptiv al controlului motor alături de exteroceptorii sensitivi şi de aferenţele fusului muscular.

- receptorii nociceptivi tip IV răspândiţi peste tot în capsulă, căptuşeala grăsoasă articulară, ligamente, periost, pereţii vaselor.

e) Efecte antalgice prin excitaţia mecanoceptorilor care blochează stimulii nociceptivi spre măduvă.

Din efectele biologice ale jocului articular vor deriva şi indicaţiile restabilirii jocului articular.

5.4.3.3. *Indicaţiile refacerii jocului articular*

Sunt de fapt indicaţiile MAP. Acestea sunt:

a) Limitarea mişcărilor articulare prin afectare articulară capsulară;
b) Scăderea sindromului algic articular;
c) Menţinerea feedbackului proprioceptiv articular;
d) Menţinerea unei biologii normale articulare;
e) Rol profilactic în cazul imobilizărilor prelungite şi mai ales a paraliziilor.

5.4.3.4. *Precauţii ale mobilizărilor*

Există desigur o serie de precauţii şi probleme pe care le poate pune MAP.

a) O articulaţie inflamată şi foarte dureroasă, cu dureri acute (care apar chiar de la începutul mişcării) necesită amânarea mobilizărilor.

b) Bolile osoase, neoplaziile, fracturile: se vor analiza topografia şi gravitatea lor şi se va decide.

c) Protezele totale ridică probleme dificile de execuţie, deşi MAP ar fi indicată. Proteza are o biomecanică schimbată în raport cu o articulaţie normală, ceea ce poate face chiar periculoasă mobilizarea jocului articular.

5.4.3.5. *Tehnicile mobilizărilor*

Executarea MAP se face numai de kinetoterapeut sau de persoane avizate în execuţia acestei metode.

Există câteva reguli de care trebuie să se ţină seama.

- Poziţia pacientului să fie comodă, relaxată;
- Poziţia articulaţiei care va fi mobilizată să permită o cât mai bună relaxare locală;
- Kinetoterapeutul să aibă o poziţie comodă cu posibilitate de abordare uşoară a pacientului;
- Segmentul articular care nu va fi mobilizat va trebui bine stabilizat printr-o curea sau mâinile unui ajutor sau în lipsă de o mână a kinetoterapeutului;
- Mâna kinetoterapeutului care face mobilizarea să aibă contact cât mai larg pe articulaţie (ex. decât mobilizări cu policele sau degetele mai bine cu eminenţele tenare sau/şi hipotenare sau toată palma);
- Direcţia de mişcare a mobilizării să ţină seama de *„planul de tratament“* (fig. 5.10.) adică să fie paralelă cu el în mişcarea de alunecare şi perpendiculară în cazul tracţiunii.
- *„Plan de tratament“* este planul perpendicular pe o linie ce porneşte din centrul capului osos convex spre mijlocul suprafeţei concave;
- Încălzirea zonei articulare şi periarticulare ca şi un masaj de pregătire de câteva minute facilitează aplicarea MAP;

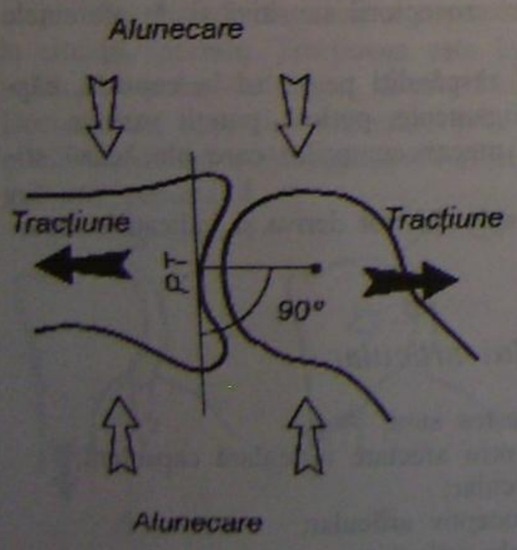


Fig. 5.10. – Direcţia de aplicare a glisării şi tracţiunii în raport cu planul de tratament (P.T.).

- Mobilizarea respectă principiul progresivităţii ca intensitate şi amplitudine de la o şedinţă la alta, de la o zi la alta;
- Înaintea fiecărei şedinţe şi după ea se va verifica întotdeauna gradul de amplitudine;
- Dacă mobilizarea într-o direcţie blocată este dureroasă, se va lucra pe direcţiile libere, apoi se revine la cea blocată.

Dozajul MAP reprezintă elementul cel mai important al metodei indiferent de tehnica folosită.

Există 2 tehnici care se utilizează:

A. **Tehnica oscilaţiei gradate** dozată în 5 grade (fig. 5.11.):
- gradul 1: mici amplitudini ritmice la începutul excursiei de mişcare;
- gradul 2: mişcări cu amplitudine mai largă care însă nu ating extremele excursiei de mişcare;
- gradul 3: de asemenea mişcări ample spre excursia maximă, la nivelul rezistenţei tisulare;
- gradul 4: în aceeaşi zonă ca gradul 3, dar cu mici oscilaţii;
- gradul 5: mici amplitudini care forţează rezistenţa tisulară (element de *stretching*).

Oscilaţiile de gradele 1 şi 2 se utilizează pentru ameliorarea durerilor care limitează posibilitatea diverselor elemente de kinetoterapie. Ameliorarea se produce prin excitarea mecanoceptorilor (vezi mai sus).

Aceste manevre sunt utilizate şi pentru mobilizarea lichidului sinovial cu ameliorarea nutriţiei locale.

Celelalte 3 manevre care realizează de fapt întindere capsulară determină creşterea jocului articular.

B. **Tehnicile jocului articular translatoriu** reprezintă de fapt o combinare a tracţiunii în ax şi a alunecării.

Există 3 grade de dozaj (fig. 5.12.):
- gradul 1 (slab): se lucrează cu amplitudine mică prin împingere (nu oscilaţie) adică glisarea capului articular concomitent cu tracţiunea;
- gradul 2 (tensionat): alunecarea se derulează pe toată amplitudinea posibilă tensionând uşor capsula. Tracţiunea este aceeaşi ca la gradul 1;
- gradul 3 (*stretch* pur): se forţează alunecarea cu realizarea de întindere a capsulei şi chiar a ţesuturilor din jur.

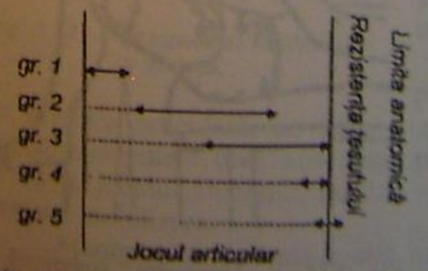


Fig. 5.11. – Diagrama tehnicii oscilatorii.

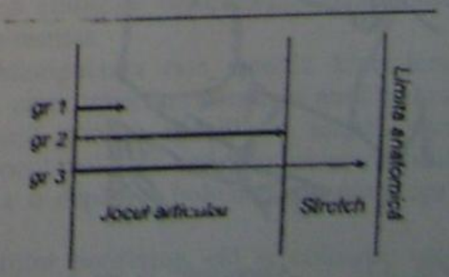


Fig. 5.12. – Diagrama tehnicii translatorii.

Gradul 1 este o manevră utilizată pentru dureri.

Gradul 2 este de fapt o testare a suportabilităţii capsulei la întindere (a sensibilităţii dureroase).

Gradul 3 realizează rapid eliberarea jocului articular.

În practică, tehnicile A (gradul 1 - 2) şi B gradul 1 sunt utilizate în scop antalgic.

Pentru menţinere de joc articular se aplică manevrele A/grad 3-4 şi B/grad 2.

Pentru creştere de amplitudine aplicăm manevrele A/5 şi B/3 în mod susţinut.

Există unele completări de tehnică şi anume este bine să se realizeze concomitent cu A/5 şi B/3 la capătul amplitudinii de întindere şi o rotaţie a segmentului. Efect mai bun şi mai rapid.

Manevrele MAP se execută pe scurtă durată 1-2-3 min. cu întindere de 6-10-12 sec. cu pauze de 5-20 sec.

Se aplică o singură şedinţă pe zi. Dacă şedinţa a creat dureri mai importante (durerile dispar spontan pe parcurs), se recomandă şedinţe la 2 zile. Dacă durerea are tendinţă să crească, pe parcurs se va revedea dozajul şi duratele de lucru.

MAP după cum se poate vedea, fără să fie o metodă kinetică, complicată cere totuşi o acurateţă în execuţia ei care se capătă prin antrenament conştiincios al kinetoterapeutului. După câştigarea îndemânării necesare, rezultatele care se obţin sunt deosebit de bune.

În figurile 5.13, 14, 15, 16 şi 17 se reproduc câteva situaţii de MAP pentru exemplificare.

Fig. 5.13. – „Alunecarea" în jos a umărului.

Fig. 5.14. – „Alunecarea" posterioară a şoldului.

Fig. 5.15. – „Alunecarea" anterioară a şoldului.

Fig. 5.16. – „Alunecarea" posterioară a genunchiului.

Fig. 5.17. – „Alunecarea" anterioară a gleznei.

5.4.4. *Manipulările*

Fac parte tot din *Terapia manuală* fiind utilizate în cazul limitării AM de cauză articulară.

Introducerea manipulărilor articulare depăşeşte un secol. În 1874, Still în SUA introduce metoda osteopatică, iar în 1884, Palmer tot în SUA introduce chiropraxia, dar aceste metode erau practicate de persoane din afara corpului medical.

Medicalizarea manipulărilor cu câteva decenii în urmă o realizează Mennell în Anglia şi Maigne în Franţa, iar tehnicile lor se răspândesc în Europa şi sunt aplicate de persoane calificate componente ale corpului medico-sanitar.

Manipularea este metoda kinetoterapeutică care urmăreşte creşterea amplitudinii de mişcare articulară, pe care o realizează printr-o mobilizare forţată, care poartă elementele unei articulaţii peste jocul voluntar articular obişnuit până la limita jocului anatomic posibil – fără a o depăşi – bolnavul neputând opri această mobilizare.

Manipularea se aplică atât articulaţiilor periferice, cât şi coloanei vertebrale.

Gradul 1 este o manevră utilizată pentru dureri.

Gradul 2 este de fapt o testare a suportabilităţii capsulei la întindere (a sensibilităţii dureroase).

Gradul 3 realizează rapid eliberarea jocului articular.

În practică, tehnicile A (gradul 1 - 2) şi B gradul 1 sunt utilizate în scop antalgic.

Pentru menţinere de joc articular se aplică manevrele A/grad 3-4 şi B/grad 2.

Pentru creştere de amplitudine aplicăm manevrele A/5 şi B/3 în mod susţinut.

Există unele completări de tehnică şi anume este bine să se realizeze concomitent cu A/5 şi B/3 la capătul amplitudinii de întindere şi o rotaţie a segmentului. Efect mai bun şi mai rapid.

Manevrele MAP se execută pe scurtă durată 1-2-3 min. cu întindere de 6-10-12 sec. cu pauze de 5-20 sec.

Se aplică o singură şedinţă pe zi. Dacă şedinţa a creat dureri mai importante (durerile dispar spontan pe parcurs), se recomandă şedinţe la 2 zile. Dacă durerea are tendinţă să crească, pe parcurs se va revedea dozajul şi duratele de lucru.

MAP după cum se poate vedea, fără să fie o metodă kinetică, complicată cere totuşi o acurateţă în execuţia ei care se capătă prin antrenament conştiincios al kinetoterapeutului. După câştigarea îndemânării necesare, rezultatele care se obţin sunt deosebit de bune.

În figurile 5.13, 14, 15, 16 şi 17 se reproduc câteva situaţii de MAP pentru exemplificare.

Fig. 5.13. – „Alunecarea" în jos a umărului.

Fig. 5.14. – „Alunecarea" posterioară a şoldului.

Fig. 5.15. – „Alunecarea" anterioară a şoldului.

Fig. 5.16. – „Alunecarea" posterioară a genunchiului.

Fig. 5.17. – „Alunecarea" anterioară a gleznei.

5.4.4. *Manipulările*

Fac parte tot din *Terapia manuală* fiind utilizate în cazul limitării AM de cauză articulară.

Introducerea manipulărilor articulare depăşeşte un secol. În 1874, Still în SUA introduce metoda osteopatică, iar în 1884, Palmer tot în SUA introduce chiropraxia, dar aceste metode erau practicate de persoane din afara corpului medical.

Medicalizarea manipulărilor cu câteva decenii în urmă o realizează Mennell în Anglia şi Maigne în Franţa, iar tehnicile lor se răspândesc în Europa şi sunt aplicate de persoane calificate componente ale corpului medico-sanitar.

Manipularea este metoda kinetoterapeutică care urmăreşte creşterea amplitudinii de mişcare articulară, pe care o realizează printr-o mobilizare forţată, care poartă elementele unei articulaţii peste jocul voluntar articular obişnuit până la limita jocului anatomic posibil – fără a o depăşi – bolnavul neputând opri această mobilizare.

Manipularea se aplică atât articulaţiilor periferice, cât şi coloanei vertebrale.

Tehnica manipulării se execută în cadrul a 3 timpi foarte precişi;

a) ***Punerea în poziţie,*** adică posturarea pacientului de aşa manieră încât să se poată executa de kinetoterapeut mişcarea pasivă a segmentului până la amplitudinea completă. Se fac câteva astfel de mişcări pasive;

b) ***Punerea în tensiune,*** respectiv tensiunea ţesuturilor periarticulare şi capsulei care se simte la capătul amplitudinii maxime;

c) ***Impulsul manipulativ,*** adică mişcarea executată de kinetoterapeut, unică, bruscă, forţată care reprezintă „manipularea" propriu-zisă. Uneori în momentul împingerii se poate auzi un cracment dat de separarea bruscă a celor 2 capete articulare.

Tehnica manipulării are 2 reguli de bază:

1. să nu provoace dureri;

2. mişcarea manipulativă nu se va executa pe direcţia de mişcare blocată, ci pe direcţia exact contrarie (regula „mişcării contrare").

Se recomandă ca articulaţia şi zona periarticulară care urmează a fi manipulată să fie pregătită prin încălzire şi masaj.

Manipulările reprezintă o tehnică care nu poate fi executată decât de persoane calificate în această terapie manuală. Execuţii incorecte mai ales la nivelul coloanei pot determina accidente severe, dacă nu chiar grave.

În această carte nu vom insista mai mult asupra lor pentru a nu crea falsa impresie că prin însuşirea unor date teoretice în acest domeniu, cineva ar putea să încerce şi aplicarea lor în practică.

Capitolul 6

SISTEMUL EFECTOR MOTOR

6.1. *FACTORII NEURALI* 162
6.1.1. **Recrutarea unităţilor motorii (UM)** 162
6.1.2. **Ritmul de descărcare** 166
6.2. *FACTORII MUSCULARI* 171
6.2.1. **Mecanica muşchiului** 171
6.2.1.1. *Lungimea muşchiului* 171
6.2.1.2. *Schimbare în lungimea muşchiului* 173
6.2.1.3. *Frecvenţa schimbării în lungime a muşchiului* 174
6.2.1.4. *Puterea muşchiului* 175
6.2.2. **Arhitectura muşchiului** 176
6.2.2.1. *Aranjamentul fibrei musculare* 176
6.2.2.2. *Aranjamentul întregului muşchi* 177
6.2.3. **Inserţiile musculare** 180
6.3. *ENERGIA MUSCULARĂ* 184
6.3.1. **Extragerea energiei din glucoză** 185
6.3.2. **Extragerea energiei din acizi graşi** 185
6.3.3. **Moleculele celulare, surse directe de energie** 186
6.4. *EVALUAREA MUSCULARĂ* 188
6.4.1. **Evaluarea musculară subiectivă** 189
6.4.2. **Evaluarea obiectivă** 189
6.4.2.1. *Testarea forţei musculare* 190
6.4.2.2. *Testarea rezistenţei musculare* 192
6.4.2.3. *Testarea tonusului muscular* 193
6.5. *REFACEREA FORŢEI MUSCULARE* 194
6.5.1. **Substratul creşterii forţei musculare** 196
6.5.2. **Exerciţiul rezistiv** 199
6.5.2.1. *Precauţii şi contraindicaţii pentru exerciţiile cu rezistenţă* 200
6.5.3. **Metode şi tehnici de creştere a forţei musculare** 202
6.5.3.1. *Contracţia isometrică* 203
6.5.3.2. *Contracţia izotonă* .. 206
6.5.3.3. *Rolul vitezei în creşterea forţei musculare* 212
6.5.3.4. *Contracţia izokinetică* 213
6.5.3.5. *Alte modalităţi de antrenare a forţei* .. 215
6.5.3.6. *Electrostimularea musculară* 216
6.6. *REZISTENŢA MUSCULARĂ* 219
6.6.1. **Refacerea rezistenţei musculare** 220
6.7. *REFACEREA PUTERII MUSCULARE* 222

Pentru a realiza o mişcare sau o acţiune există o derulare precisă a unor etape: motivaţia-ideea-programarea şi în final execuţia acesteia.

Apelând la sistemele cibernetice putem considera că o „mişcare" se încadrează într-un astfel de sistem cu cele 3 componente: informaţional-reglator şi efector.

Despre primele două se va discuta cu ocazia prezentării controlului motor.

Cunoştinţele asupra acestor prime componente incontestabil s-au înmulţit extraordinar în ultimii 10-12 ani. Rămâne însă tot atât de adevărat că ipotezele şi abstractizarea teoretică ocupă încă un loc important. Creierul este încă departe de a-şi etala toate necunoscutele.

În schimb, la celălalt pol, adică în zona efectorului de mişcare, de la momentul comenzii şi până la execuţia acţiunii, studiile ultimilor ani au călcat pe teren mai ferm permiţând concluzii precise asupra activităţii muşchiului pentru înţelegerea de fond a fenomenului *„mişcare articulară"*.

Este uşor de înţeles că în practica medicală de kinetoterapie şi în general în practica oricărei activităţi fizice cunoaşterea aprofundată a mecanismului efector de mobilitate are importanţa primordială pentru că în principal noi acţionăm asupra lui.

În acest capitol vom încerca o prezentare a fiziologiei şi mai ales biomecanicii aparatului efector al mişcării pornind de la momentul când comanda motorie a fost dată de componentele suprasegmentare ale sistemului nervos.

Unele noţiuni care vor fi discutate au mai fost deja prezentate în capitolele anterioare, dar este necesar să fie din nou amintite pentru a păstra unitatea prezentării fenomenelor.

Activarea efectorului, a cuplului muşchi-articulaţie debutează cu activarea unităţii motorii de la care prin cuplingul excitaţie-contracţie potenţialele de acţiune musculară se transformă în forţă musculară. Această trecere de la comanda locală nervoasă la efectul de contracţie-forţă poartă numele de *„Comanda de pornire a sistemului nervos"*.

Prima parte a acestui proces este neurală, iar următoarea este musculară.

6.1. *FACTORII NEURALI*

„Comanda de pornire" se realizează prin activarea unităţilor motorii (UM). Această activare nu este stereotipă, ea este variabilă prin:

a) numărul recrutărilor de UM (recruitment);

b) frecvenţa potenţialelor de acţiune transmise (a descărcărilor impulsurilor).

6.1.1. *Recrutarea unităţilor motorii (UM)*

Recrutarea unei singure UM reprezintă o secvenţă precisă determinată, proces denumit *„recrutare ordonată"*. Pe măsură ce numărul de UM recrutate creşte, forţa musculară creşte. Procesul de creştere a numărului de UM recrutate poartă numele de *„sumaţie spaţială"* şi este dependentă de antrenament. Există o mare variabilitate între diferiţii muşchi în

ceea ce priveşte raportul între numărul UM recrutate şi valoarea forţei musculare. Astfel, spre exemplu, când toate UM ale muşchilor mâinii au fost recrutate, forţa musculară a lor a ajuns la 50% din valoarea maximă. Pentru bicepsul brahial recrutarea tuturor UM determină o forţă de 85% din forţa maximă.

Se subînţelege din exemplele de mai sus că după epuizarea recruitmentului UM trebuie să existe un alt element care să asigure câştigul de forţă, în completare. Acesta este reprezentat de „frecvenţa descărcărilor" potenţialelor de acţiune (a se vedea mai departe).

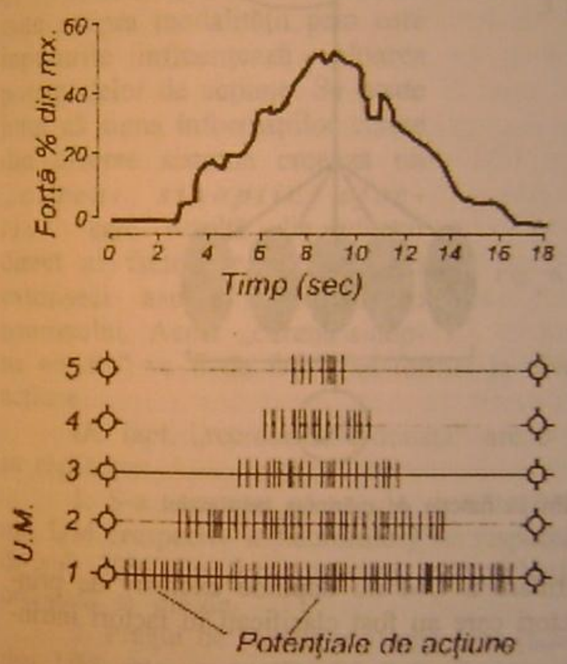


Fig. 6.1. – Recrutarea şi derecrutarea UM (după G. Kamen şi C. DeLuca).

Din momentul în care o UM a fost recrutată, ea rămâne activată până când forţa musculară începe să scadă, când unităţile motorii ies secvenţial, una după alta din activitate. Acest proces este denumit *„derecrutare"*. Derecrutarea UM se face în ordine inversă cu recrutarea. Ultimele derecrutate sunt cele care au fost primele recrutate. Fig. 6.1. reprezintă o schemă a recrutării şi derecrutării UM (sunt schematizate 5 UM) care au determinat 50% din forţa maximă musculară.

Procesul „recrutării ordonate" ascultă de *„principiul mărimii"*, adică a mărimii UM, care realizează recrutarea începând cu UM cu motoneuroni mici şi apoi treptat recrutarea se face pentru neuroni tot mai mari. Neuronii mici având cea mai mare excitabilitate. Mărimea neuronului este calculată pe baza suprafeţei somei neuronale şi a bogăţiei dendritelor.

De fapt, mărimea neuronului determină o serie de diferenţe între neuroni nu numai sub raportul excitabilităţii. Astfel există diferenţe morfologice (ex. număr de dendrite, diametrul axonului, raportul de inervaţie etc.), biofizice (ex. rezistenţa la input, valoarea reobazei, starea posthiperpolarizare), valoarea inhibiţiei recurente (Renshaw), mărimea aferentaţiei (grup I) etc. Figura 6.2. schematizează aceste diferenţe între 2 U.M. (mică şi mare).

Principiul mărimii se aplică în cadrul grupului de neuroni care inervează un anumit muşchi, acest grup realizând ceea ce se numeşte „poolul neuronal motor". Există diferenţe mari între muşchi. De exemplu, tibialul anterior are un „pool" format din 445 alfa-motoneuroni, iar „principiul mărimii" se aplică în cadrul poolului respectiv.

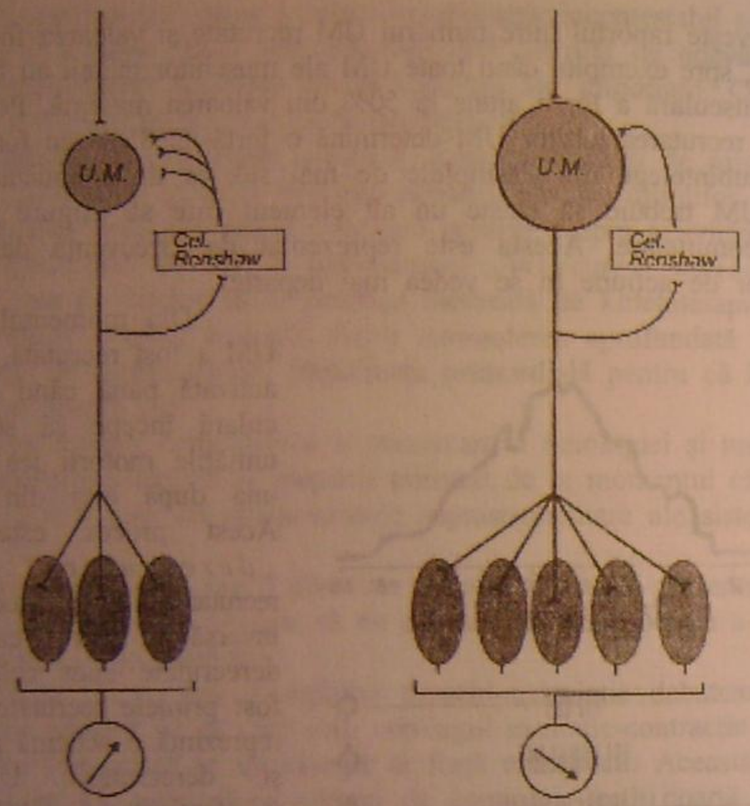


Fig. 6.2. – Caracteristici UM în funcţie de mărimea neuronului.

De fapt, modalitatea de recrutare a UM nu depinde exclusiv de principiul mărimii, ci de mai mulţi factori care au fost clasificaţi în factori intrinseci şi factori extrinseci.

Factorii intrinseci:

– mărimea neuronului, s-a amintit, fiind cel mai important (Hanneman, 1957; Enoka şi Stuart, 1984; Binder şi Mendell, 1990);

– sensibilitatea receptorilor motoneuronului la neurotransmiţători (este independentă de mărimea neuronului). Când este crescută, realizează o excitabilitate celulară mai mare;

– caracteristicile electrotonice ale motoneuronului adică ale răspunsului electric (voltaj), dat de o membrană excitabilă care poate determina modificări de conductanţă de la nivelul inputurilor sinaptice neuronale spre hilul neuronului. Astfel, neuronul poate răspunde mai intens la informaţia primită.

Factorii extrinseci:

– numărul terminalelor sinaptice pe motoneuron prin care acesta primeşte informaţiile;

– cantitatea medie de neurotransmiţători liberaţi la nivelul fiecărei sinapse. Cu cât aceşti doi factori sunt mai mari, cu atât avem un neuron mai excitabil;

– distribuţia spaţială a sinapselor de pe corpul celular neuronal şi pe dendrite.

Cu cât sunt mai apropiate de hil, cu atât aceste sinapse, prin potenţialul lor postsinaptic, pot declanşa potenţiale de acţiune pe axon (fig. 6.3.).

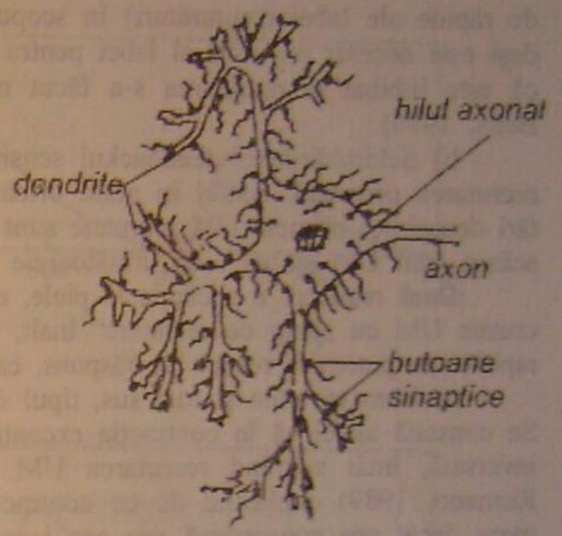


Fig. 6.3. – Motoneuron cu butoane sinaptice (după A. Guyton).

Există încă multe necunoscute asupra modalităţii prin care inputurile influenţează valoarea potenţialelor de acţiune. Se poate intui că suma informaţiilor venite din diverse sisteme creează un *„curent sinaptic efectiv"* care rezultă din efectul direct al factorilor intrinseci şi extrinseci asupra excitabilităţii neuronului. Acest „curent sinaptic efectiv" va fi de fapt transformat la nivelul hilului axonal în potenţial de acţiune.

De fapt, „recrutarea ordonată" are 3 situaţii în care această regulă nu se regăseşte:

1. S-a constatat că regula recruitmentului în ordinea crescândă a mărimii UM (respectiv a neuronilor) se respectă ca atare doar la valori de forţă de sub 30% din forţa maximă a muşchiului. La forţe mai mari recrutarea ordonată se pierde.

2. Pragul de recrutare a unei UM (adică nivelul de forţă la care respectiva UM este recrutată) diferă în funcţie de tipul de contracţie (isometrie, isotonă cu rezistenţă-concentrică, excentrică) precum şi în funcţie de grupul muscular sinergist (Denier van der Gon, Erkelens, 1990).

3. În sfârşit s-au semnalat „alterări" ale recrutării ordonate în situaţii speciale de graniţă. Iată câteva dintre ele, mai bine dovedite:

a) Aşa cum s-a văzut „recrutarea ordonată" este o dovadă a schemelor învăţate pentru a crea răspunsuri cât mai adecvate. Aceste scheme de fapt nu sunt stereotipii imuabile ci, din contră, pot prezenta variaţii în funcţie de condiţiile concrete cerute de o activitate.

Din acest punct de vedere, în fiziologie, se dă un exemplu devenit clasic: „răspunsul de scuturare al labei". Schema obişnuită de recrutare ordonată pentru muşchii sinergişti se face secvenţial pe măsură ce solicitarea este tot mai mare.

Astfel muşchiul solear (muşchi cu fibre lente) şi gastrocnemianul (muşchi cu fibre rapide) sunt activate succesiv sau concomitent pentru a realiza flexia plantară în diverse activităţi ca sărit, alergat, mers. Dacă însă se prinde într-un laţ cu o sfoară o labă din urmă a unei pisici se constată nişte mişcări extrem

de rapide ale labei (scuturături) în scopul de a se elibera. Analiza arată că, deşi este necesar un efort al labei pentru această acţiune, solearul se constată că este inhibat şi recrutarea s-a făcut numai pentru gastrocnemian (Smith, Betts, 1980).

b) Schimbările în feedbackul sensitiv cutanat aduc sigur modificări în recrutarea ordonată. Astfel în afara oricărei excitaţii cutanate (a unor solicitări deosebite) primele UM recrutate sunt cele care au un „prag de recrutare" scăzut (sau UM slabe) apoi următoarele UM cu praguri tot mai înalte.

Dacă realizăm o excitaţie la piele, electrică, puternică, vor fi imediat recrutate UM cu „prag de recrutare" înalt, UM puternice care realizează o mai rapidă sau puternică reacţie de răspuns, ca de apărare la un stimul de alarmă.

c) Cum se arăta şi mai sus, tipul de contracţie are o mare importanţă. Se constată astfel că în contracţia excentrică ordinea recrutării poate fi chiar inversată, întâi apărând recrutarea UM mari şi apoi cele mici (Nardone, Romano, 1989) explicând de ce contracţia excentrică dezvoltă o forţă mai mare decât cea concentrică sau cea isometrică. Acesta este şi motivul pentru care este mult mai dificil să controlăm precis forţa contracţiei excentrice.

Este foarte posibil ca SN să aibă 2 scheme distincte de recrutare a UM, una pentru contracţia concentrică şi alta pentru cea excentrică, scheme care evident trebuie comandate de la centru. În fond, noi ştim când comandăm o mişcare dacă se face prin contracţie concentrică sau excentrică.

d) Şi oboseala musculară poate afecta recruitmentul UM în sensul că determină o variabilitate în recrutare. O mişcare, spre exemplu, realizată pe un segment odihnit are o anumită ordine de recrutare care este diferită de recrutarea realizată la aceeaşi mişcare, dar executată pe o musculatură deja obosită (Enoka, Robinson, Smith, 1989).

Despre oboseală ca efect al efortului şi care afectează performanţa se va mai vorbi şi în alt capitol.

În final, trebuie repetat că „recrutarea ordonată" nu este un proces comandat de creier, ea se produce strict medular pe baza unei scheme preformate realizată de factorii intrinseci şi extrinseci dar ca în toată biologia existând şi abateri de la o schemă dată. Comanda creierului nu cuprinde şi informaţia asupra modalităţii de activare a UM.

6.1.2. *Ritmul de descărcare*

S-a arătat că recrutarea UM este doar o parte a modalităţii de a creşte forţa musculară. Un al doilea mod este creşterea ritmului (frecvenţei) de descărcare a potenţialelor de acţiune venite la muşchi.

Se realizează ceea ce se numeşte o *„sumaţie temporală"* a descărcărilor care are ca efect creşterea de forţă musculară. Antrenamentul fizic se reflectă în ameliorarea importantă a sumaţiei temporale.

În fig. 6.4 se poate vedea foarte bine care este rezultatul asupra forţei musculare în cazul creşterii frecvenţei descărcărilor stimulilor. În schema A

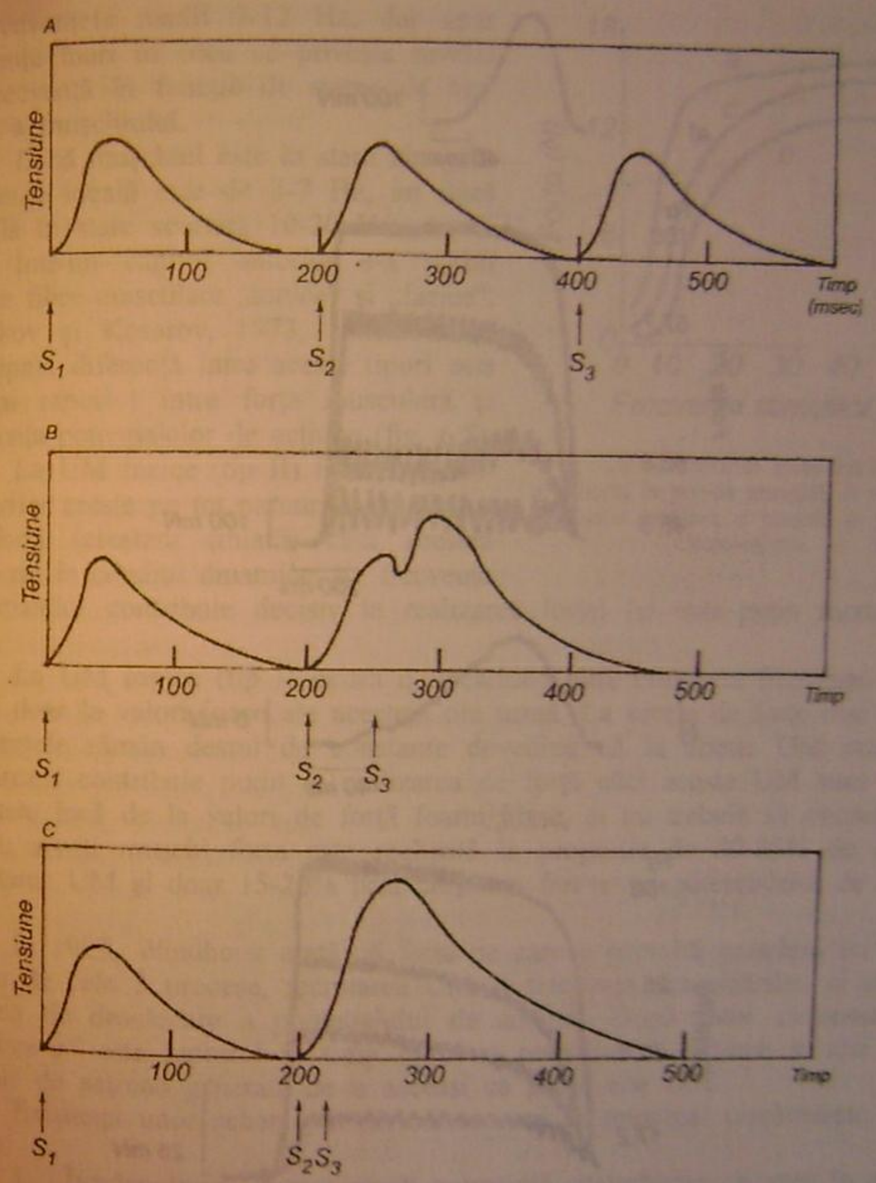


Fig. 6.4. – Efectul sumaţiei temporale.

stimulii cad la interval de 200 ms. În „B" s-a introdus un stimul (S_3) la distanţă de sub 100 ms. Se constată imediat o creştere de tensiune musculară. În „C" stimulul suplimentar apare doar după câteva ms ceea ce determină creşterea evidentă a forţei musculare.

Un potenţial de acţiune al UM reprezintă un stimul şi declanşează o secusă musculară. Dacă apar o suită de potenţiale de acţiune grupate se realizează o forţă crescută mai mare decât a secusei, forţă ce va creşte pe măsură ce potenţialele devin tot mai frecvente (fig. 6.5). Există aşadar un raport între

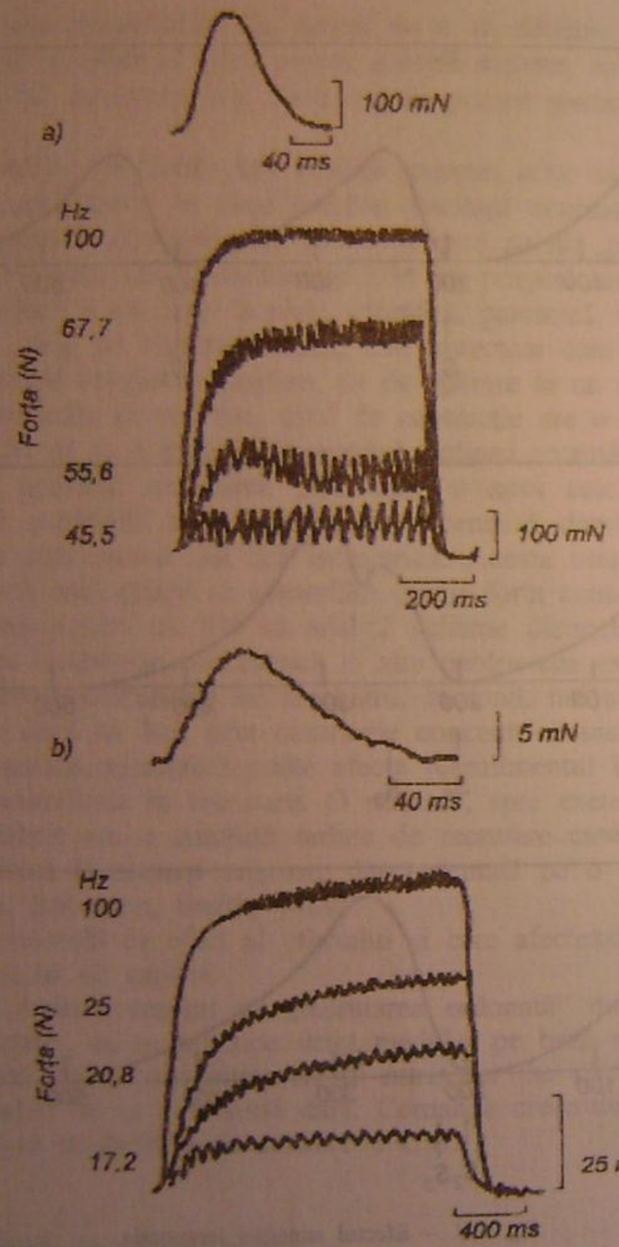


Fig. 6.5. – Efectul frecvenţei stimulului (Hz)
a. unităţi motorii fazice; *b.* unităţi motorii tonice (după B. Botterman).

frecvenţa potenţialelor de acţiune şi forţa muşchiului, raport care nu este însă linear, realizând curbe sigmoidale (fig. 6.6). Spre exemplu, creşterea de forţă dată de creşterea frecvenţei de la 5 Hz la 10 Hz (adică de 5 Hz) nu este egală cu cea realizată prin creşterea frecvenţei între 15 Hz şi 20 Hz (tot de 5 Hz), prima fiind mai mare. Cea mai mare creştere de forţă se realizează

la frecvenţele medii 7-12 Hz, dar apar diferenţe mari în ceea ce priveşte nivelul de frecvenţă în funcţie de starea de lungime a muşchiului.

Dacă muşchiul este în stare alungită, frecvenţa ideală este de 3-7 Hz, iar dacă se află în stare scurtată 10-20 Hz.

Într-un capitol anterior s-a vorbit despre fibre musculare „tonice" şi „fazice". Gydikov şi Kosarov, 1973, consideră că principala diferenţă între aceste tipuri este tocmai raportul între forţa musculară şi frecvenţa potenţialelor de acţiune (fig. 6.5).

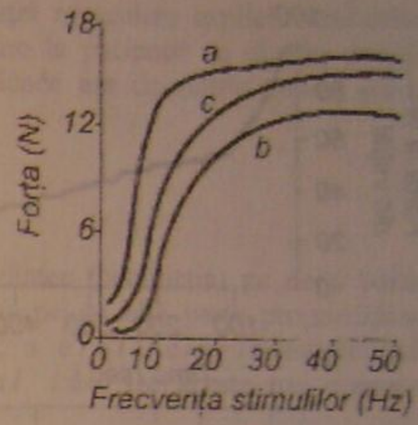


Fig. 6.6. – Raportul forţă-frecvenţă.
a. muşchi în poziţie alungită; *b.* muşchi în poziţie scurtată; *c.* muşchi în poziţie intermediară.

La UM fazice (tip II) frecvenţa descărcărilor creşte pe tot parcursul creşterilor de forţă (creştere liniară) căci acestea joacă rol în condiţii dinamice, iar frecvenţa potenţialelor contribuie decisiv la realizarea forţei (şi mai puţin recrutarea UM).

La UM tonice (tip I) există o linearitate între creşterea frecvenţei şi a forţei doar la valori joase ale acesteia din urmă. La nivele de forţe mai mari frecvenţele rămân destul de constante dovedind că la aceste UM rata de descărcare contribuie puţin la realizarea de forţă căci aceste UM sunt uşor recrutate încă de la valori de forţă foarte joase, şi nu trebuie să oboseaască. Pentru aceşti muşchi forţa este realizată în proporţie de 80-85% de către recrutarea UM şi doar 15-20% prin creşterea frecvenţei potenţialelor de acţiune.

În 1988, Windhorst arată că forţa pe care o exercită muşchiul nu ţine numai de cele 2 procese, recrutarea UM şi frecvenţa descărcărilor, ci şi de schema de descărcare a potenţialului de acţiune. După autor *„schema de descărcare"* este raportul în timp între un potenţial de acţiune şi alte potenţiale de acţiune generate de o aceeaşi ca şi de alte UM.

Existenţa unor scheme de descărcare are în principal următoarele trei efecte:

1. **„Înţelepciunea muşchiului"** reprezintă schimbările ce apar în descărcările UM în timpul oboselii.

Astfel, dacă menţinem o contracţie obositoare, frecvenţa de descărcare a UM respective începe să scadă, ca o adaptare neuronală la condiţiile nou apărute în muşchi (Enoka, Stuart, 1992). Evident că forţa musculară va scădea corespunzător aşa cum se poate vedea în figura 6.7.

2. **„Dubla descărcare"** se referă la descărcarea a 2 potenţiale de acţiune ale unei singure UM în cursul a cca 10 msec.

În mod normal, se consideră că o UM descarcă stimulii la un ritm de 7-35 Hz, adică la intervale de 30-140 ms un stimul. Experimental s-a constatat că dacă stimulăm electric o UM cu o frecvenţă de cca 12 Hz (82 ms

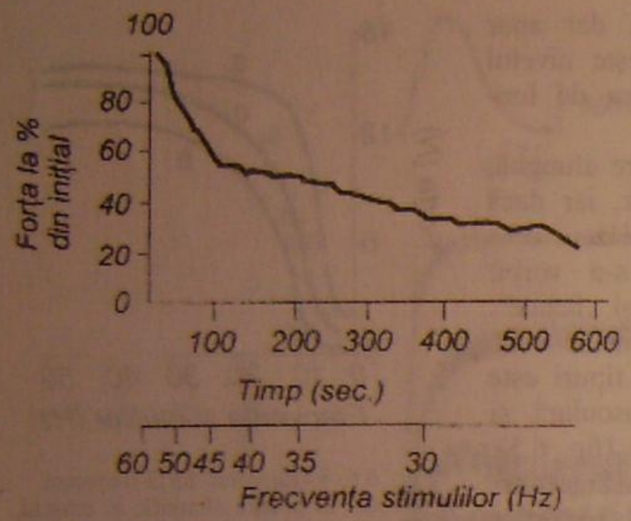


Fig. 6.7. – Scăderea frecvenţei şi forţei pe un muşchi obosit (după T. Guerin).

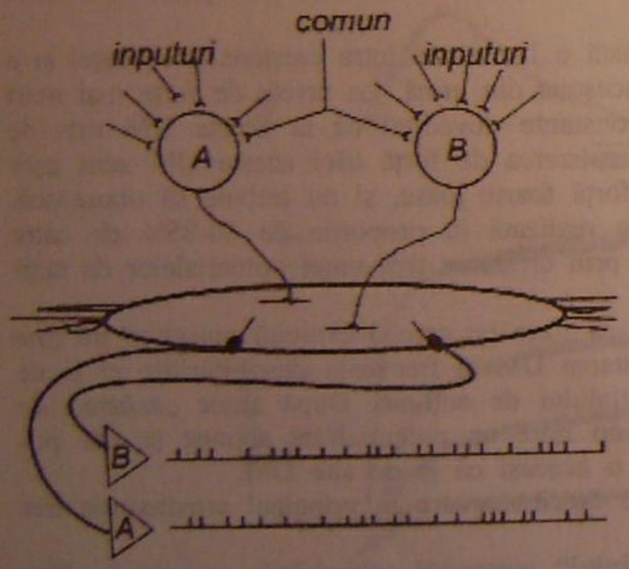


Fig. 6.8. – Înregistrarea potenţialelor de acţiune a două UM (după Enoka).

un stimul) şi la un moment dat interpunem o dublă descărcare la 10 ms interval una de alta se produce o creştere notabilă de forţă musculară determinată de UM respectivă (Burke, Rudomin, 1970).

Fenomenul dublei descărcări dovedit că există experimental, se pare că în mişcarea voluntară apare rar şi aceasta de la muşchi la muşchi şi doar în funcţie de scopul mişcării şi tipul contracţiei (concentrică, excentrică). Sunt necesare studii mai ample pentru a înţelege exact acest fenomen.

3. **„Sincronizarea"** este raportul temporal al potenţialelor de acţiune ale diverselor UM. Teoretic potenţialele de acţiune generate pentru o UM sunt asincrone faţă de gama de potenţiale pentru o altă UM. Poate însă să existe între 2 UM un oarecare grad de sincronizare a potenţialelor de acţiune şi aceasta se datorează faptului că printre multiplele aferenţe primite de doi neuroni (ai UM respective) poate exista o aferenţă bifurcată de la aceeaşi sursă pentru ambii neuroni. Figura 6.8 arată această situaţie. Colectând potenţialele de acţiune a celor 2 UM se poate observa că acestea, deşi nu sunt identice, se poate vorbi despre o corelare statistică (sincronizare).

O sincronizare crescută determină o forţă musculară crescută. Indivizii neantrenaţi au o sincronizare sub 20% din UM. Sportivii, cei antrenaţi, pot ajunge la de 3-4 ori grad de sincronizare, dar prin creşterea frecvenţelor de descărcare a potenţialelor de acţiune (prin legea probabilităţilor).

„Factorii neuronali" determinanţi ai forţei musculare explică rezultatele rapide obţinute în recuperarea forţei musculare la pacienţii cu diverse afecţiuni care au diminuat forţa musculară. În perioade aşa de scurte nu s-a putut produce hipertrofie musculară.

6.2. *FACTORII MUSCULARI*

Efectorul, muşchiul, îşi datorează activitatea (contracţia) pe de o parte factorilor neuronali – discutaţi mai sus – iar pe de altă parte proprietăţilor sale – respectiv a *mecanicii* musculare, a *arhitecturii* muşchiului respectiv şi a *locului de inserţie al lui*. De aceste trei componente depinde forţa musculară.

6.2.1. *Mecanica muşchiului*

Studiul mecanicii muşchiului se referă la variabilele externe (lungime, velocitate, forţă) ce se realizează prin starea de contracţie dependentă ea însăşi de factorii neuronali, de disponibilităţile de Ca^{++} etc.

Deşi potenţialul de acţiune din fibra musculară ascultă de legea „totului sau nimicului", forţa de contracţie rezultată depinde de mecanica şi arhitectura muşchiului.

6.2.1.1. *Lungimea muşchiului*

Un muşchi scheletic în repaus (nestimulat), dacă este secţionat se scurtează cu circa 20% ajungând la aşa-numita „lungime de echilibru", când tensiunea muşchiului este realmente zero. Muşchiul in situ, în repaus şi nestimulat are de fapt o *„tensiune de repaus"* la nivelul „lungimii de repaus".

Dacă de la acest nivel muşchiul este tracţionat de cele două capete în aşa fel încât să fie alungit peste valorile de repaus apare o *„tensiune de alungire"* care este mai mare decât cea de repaus, declanşând o contracţie. Dacă vom continua să tracţionăm, tensiunea va începe să scadă ca şi forţa lui de contracţie. Dacă de la nivelul de repaus scurtăm muşchiul şi de la acest nivel creăm o contracţie în el, forţa acesteia va fi mai mică. La cca 60-70% scurtare faţă de nivelul de repaus nu vom mai obţine nici o tensiune de contracţie (fig. 6.9). În cele ce urmează, se vor explica aceste fenomene.

După cum s-a arătat într-un capitol anterior, dintre teoriile care au încercat să explice contracţia este aproape unanim acceptată „teoria legăturilor (punţilor) transversale *(crossbridge)*". Fixarea punţilor între miofilamentele actinice şi miozinice creează forţa musculară care dispare imediat ce apare detaşarea punţilor. Cu cât suprapunerea miofilamentelor este mai mare, cu atât forţa va fi mai mare. Concomitent cu alunecarea filamentelor se produce

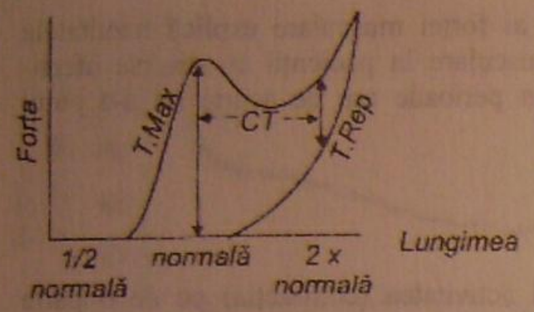


Fig. 6.9. – Curba forţă lungime a muşchiului (după A. Guyton)
T.Max. = tensiunea maximă; *T.Rep.* = tensiunea de repaus; *CT* = creşterea în tensiune în timpul contracţiei.

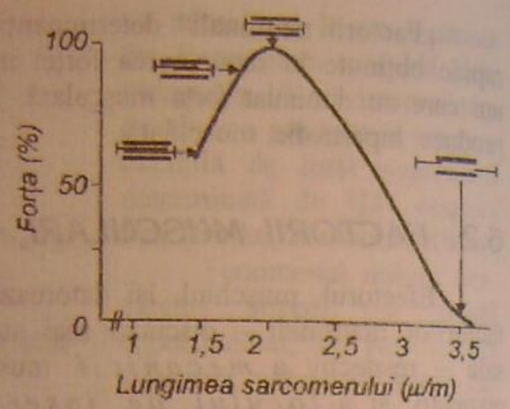


Fig. 6.10. – Relaţia între forţă, lungimea sarcomerului şi suprapunerea filamentelor.

scurtarea sarcomerelor şi în final a fibrei musculare. În figura 6.10. este redată curba raportului între lungimea sarcomerului, forţa şi suprapunerea miofibrilelor. Se poate observa că la o lungime a sarcomerului de 3,5 µm există o absolut minimă suprapunere, forţa fiind zero (de fapt, este o situaţie teoretică căci în mod normal acest moment nu prea există). La o lungime de 2 µm a sarcomerului avem un maxim de fixare a punţilor găsindu-ne în vârful valorilor forţei (100%). Dacă alunecarea filamentelor, una peste alta, este mai accentuată (1,5 µm) (supraalunecarea) numărul punţilor încrucişate scade şi proporţional va scădea şi forţa.

Deci valoarea forţei creşte paralel cu numărul (cantitatea) punţilor transversale, iar până la un punct paralelismul se păstrează şi pentru variaţia de lungime a sarcomerului. Se poate considera ca lege: „forţa variază cu variaţia de lungime a muşchiului". Valoarea cea mai mare a forţei realizându-se la mijlocul lungimii muşchiului (între lungimea maximă şi minimă a sarcomerului) moment în care crossbridge-urile sunt maxime.

Muşchiul, ca organ, nu este format exclusiv din fibre musculare, el având şi o componentă importantă matriceală conjunctivă (endomisium, perimisium, epimisium, tendonul) ca şi componenta citoscheletală (filamentele intermediare, titin, nebulin). Aceste componente, care depăşesc 15% din masa muşchiului, au comportament de material elastic. Dacă întindem aceste structuri ele vor genera la revenire o forţă ca a unui elastic ce este denumită „pasivă" pentru a o diferenţia de forţa „activă" realizată de fibra musculară prin contracţie. Din acest motiv, unii autori preferă să vorbească de „UNITATE MUSCULOTENDINOASĂ" şi nu de muşchi.

Desigur că forţa pasivă creşte cu lungimea muşchiului, iar la alungirea maximă o mare parte din forţa totală are la bază partea pasivă a forţei. În situaţia în care muşchiul este scurtat, forţa muşchiului provine numai din componenta activă (fig. 6.11).

Importanţa lungimii muşchiului asupra forţei musculare se înregistrează nu numai în contracţia tetanică, ci şi în cea secusală. În plus, la o lungime mai mare creşte şi durata secusei, nu numai în amplitudinea ei.

Un fapt deosebit de important, cu aplicabilitate în tehnica stimulărilor electrice este fenomenul fiziologic în care, dacă scurtăm muşchiul, trebuie să aplicăm frecvenţe tot mai mari pentru a obţine aceeaşi mărime de contracţie. Un exemplu: pe solearul de pisică alungit utilizăm 10 Hz stimulare pentru o contracţie; dacă îl scurtăm cu 1 cm avem nevoie de o frecvenţă de 35 Hz pentru o aceeaşi contracţie.

Raportul dintre forţă/lungimea muşchiului nu este chiar atât de simplist, privit prin rezultanta unei poziţii a segmentelor corpului. În primul rând, o mişcare este efectuată de un grup de muşchi, iar aceştia pot avea arhitecturi diferite, respectiv aranjamente ale fibrelor musculare (fusiformi, penate, multipenate).

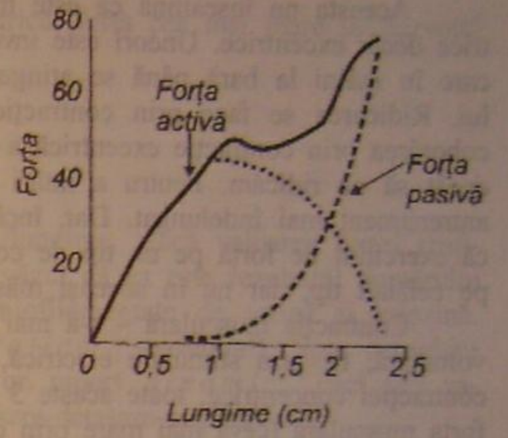


Fig. 6.11. – Contribuţia celor două forţe (activă şi pasivă) la forţa musculară totală.

În al doilea rând, să nu uităm că de fapt valoarea reală a forţei care execută o mişcare este dată de produsul între forţă şi momentul braţului (adică unghiul articular), adică valoarea torque-lui (vezi capitolul „Kinematică şi kinetică").

6.2.1.2. *Schimbare în lungimea muşchiului*

Ca un muşchi să-şi modifice lungimea, trebuie ca segmentul să fie mobilizat într-o direcţie (flexie, extensie, abducţie etc.) adică să se modifice unghiul articular. Această modificare de poziţie a segmentului este dependentă de doi factori:

– forţa (de fapt torque-ul, dar pentru simplificare aici vom continua să vorbim de „forţă");

– rezistenţa opusă.

Raportul între aceşti doi parametri poate lua diverse valori care exprimă schimbarea de lungime a muşchiului.

- Rezistenţa/forţă = 1 (contracţie isometrică fără modificare de lungime musculară);
- Rezistenţă/forţă < 1 (contracţie concentrică) lungimea scade căci forţa este mai mare ca rezistenţa opusă şi muşchiul se scurtează;
- Rezistenţă/forţă > 1 (contracţie excentrică) lungimea fibrei musculare creşte, căci rezistenţa depăşeşte valoarea forţei.

Muşchiul dezvoltă cea mai mare forţă (torque) în contracţia excentrică (cam de 1,5-1,8 ori faţă de contracţia isometrică), apoi în cea isometrică, apoi în contracţia concentrică.

Aceasta nu înseamnă că este mai uşor să executăm contracţii concentrice decât excentrice. Uneori este invers. Spre exemplu, în exerciţiul de ridicare în mâini la bară până se atinge cu bărbia bara apoi coborârea corpului. Ridicarea se face prin contracţie concentrică a flexorilor coatelor, iar coborârea prin contracţie excentrică a acestora. Ne este mai uşor să coborâm decât să ne ridicăm. Pentru a întări contracţia concentrică, este necesar un antrenament mai îndelungat. Dar, încă din 1972, Komi şi Buskirk au arătat că exerciţiul de forţă pe un tip de contracţie va duce la creştere de forţă şi pe celălalt tip, dar nu în aceeaşi măsură.

Contracţia musculară – s-a mai arătat – este produsă fie prin comandă voluntară, fie prin stimulare electrică, fie prin combinarea ambelor. În cazul contracţiei concentrice, toate aceste 3 modalităţi dau cam acelaşi rezultat pe forţa musculară (ceva mai mare prin contracţie voluntară). În schimb, în contracţia excentrică valoarea forţei cea mai mare o înregistrăm la stimulii combinaţi – voluntari + electrici – şi cea mai mică la stimulul voluntar.

Trebuie precizat un fapt deosebit de important. Schimbarea lungimii muşchiului în totalitate nu corespunde perfect cu schimbarea lungimii fibrei musculare (Griffiths, 1991). Aşa, spre exemplu, dacă stimulăm electric un muşchi (segmentul fiind fixat) ca să realizăm o contracţie izometrică fibrele acelui muşchi se scurtează cu un anumit procent, dar nu şi muşchiul în totalitate deoarece, cu acelaşi procent, se alungeşte tendonul. De aceea, cum mai arătam, sunt unii care preferă termenul de „unitate musculotendinoasă" decât cel simplu de „muşchi".

Din definiţie se ştie că *„munca"* (travaliul) este produsul între forţă şi distanţă. Aceasta înseamnă că doar contracţiile concentrice şi excentrice produc muncă, căci ele deplasează segmentul, în timp ce contracţia isometrică nu produce travaliu. Dar se mai ştie că munca înseamnă consum energetic în sistem ori în contracţie isometrică se consumă energie, apare oboseală deci apare o muncă. Din acest motiv, considerăm azi că avem de-a face cu două feluri de travalii: „travaliul mecanic" cu definiţia clasică şi „travaliul metabolic".

6.2.1.3. *Frecvenţa schimbării în lungime a muşchiului*

Dacă contracţia muşchiului cu scurtarea lui se produce rapid (viteză crescută), se constată o scădere a forţei (torque-lui).

Viteza crescută de scurtare a muşchiului este dată de creşterea frecvenţei ciclurilor crossbridge-urilor (ataşare-rotare-detaşare), dar media forţei exercitate de fiecare punte transversală scade şi, în plus, este posibil să se realizeze mai puţine ataşamente de punţi.

Deşi forţa este mai mică, energia cheltuită de muşchi va fi mai mare, proporţional cu creşterea vitezei de contracţie realizată prin frecvenţa ciclurilor de ataşare-detaşare. Energia se cheltuieşte mai ales la detaşarea punţilor. În acest fel, eficienţa muşchiului (travaliul/energie consumată) va fi net mai mică.

În special pentru contracţia excentrică, forţa cea mai mare se dezvoltă la viteză mică.

6.2.1.4. *Puterea muşchiului*

Când s-a vorbit de raportul forţă/lungime, adică valoarea forţei realizată de muşchi la diferite lungimi, s-a văzut că ea este rezultatul numărului sau întinderii crossbridge-urilor între miofilamentele de actină şi miozină. Acest raport este de fapt o valoare *statică*, secvenţială. Spre deosebire de acesta, raportul forţă/velocitate este un raport *dinamic*, căci aici valoarea forţei este dată de viteza de ataşare-detaşare a punţilor.

Această capacitate dinamică a muşchiului se exprimă prin posibilitatea muşchiului de a produce „putere".

În 1993 Josephson defineşte *puterea* ca produsul forţei şi vitezei (P = f × v) sau ca „viteza performării travaliului". Un muşchi se consideră că realizează un *travaliu pozitiv* când el se scurtează (contracţie concentrică) pentru a mişca un obiect, şi execută un *travaliu negativ* când el se alungeşte (contracţie excentrică) pentru a mişca obiectul.

Se spune că muşchiul „produce putere" când face un travaliu pozitiv şi „absoarbe putere" când face un travaliu negativ.

În contracţia isometrică (maximă) puterea este zero căci velocitatea este zero ($P = F_{max} \times 0 = 0$). Dacă forţa este zero şi velocitatea este minimă, rezultatul este acelaşi ($P = 0 \times V_{max} = 0$). Este situaţia unei mobilizări rapide pasive.

Deci între aceste două limite (forţă = 0 şi velocitate = 0) orice activitate musculară produce „putere". Figura 6.12 arată relaţia forţă/velocitate a muşchiului. Curba acestei relaţii arată că atunci când velocitatea mişcării este maximă, forţa devine zero, iar când forţa este maximă velocitatea ajunge zero.

Ceea ce limitează performanţele umane este producerea „puterii" (Fitts şi colab., 1991).

Valoarea puterii reiese din calculul raportului forţă/velocitate pe baza „ecuaţiei lui Hill" (prea complicată pentru obiectivele acestei monografii). Şi din figura 6.13 se poate vedea că pornind de la o forţă maximă, pe măsură ce creşte velocitatea de scurtare a muşchiului înregistrăm scădere de forţă. Această cădere nu este perfect liniară, fapt datorat vâscozităţii muşchiului, adică „rezistenţei la frecare" a lui.

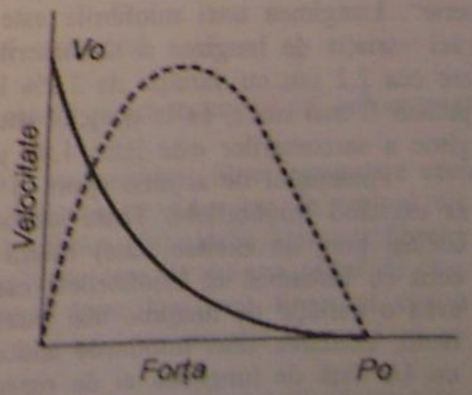


Fig. 6.12. – Curbele forţă/velocitate (–) şi putere (---).

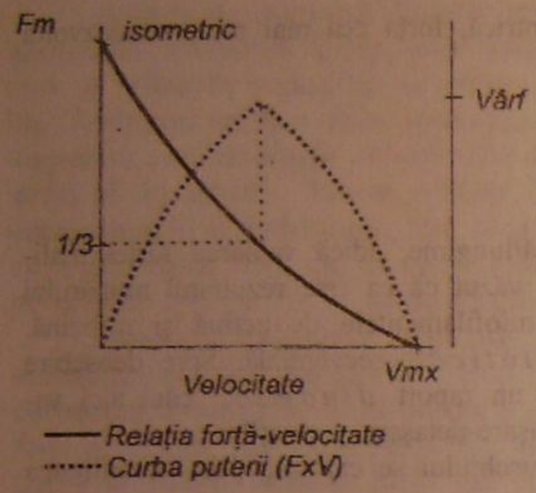


Fig. 6.13. – Relaţiile forţă-velocitate-putere.
— Relaţia forţă-velocitate
••• Curba puterii (F×V)

Pe baza ecuaţiei Hill s-a demonstrat că puterea ajunge un maxim când forţa este 1/3 din forţa maximă, iar velocitatea 1/4 din velocitatea maximă.

6.2.2. *Arhitectura muşchiului*

Al doilea parametru de care depinde forţa realizată de un muşchi, în afară de mecanica lui, este aranjamentul fizic al elementelor contractile ale lui, adică ceea ce se numeşte „arhitectura" muşchiului.

Nu numai forţa maximă a muşchiului este influenţată de arhitectura lui, ci şi velocitatea maximă a scurtării fibrei musculare (Edgerton, Roy, 1991).

Arhitectura muşchiului poate fi analizată atât la nivel de fibră musculară, cât şi la nivelul muşchiului întreg.

6.2.2.1. *Aranjamentul fibrei musculare*

După cum se ştie, fibra musculară conţine adevăratele elemente contractile care sunt miofibrilele, câteva sute de mii, ocupând 2/3 din spaţiul celular al fibrei musculare şi care se întind de la un cap la altul al fibrei musculare.

Miofibrila reprezintă o suită de sarcomeri aranjaţi cap la cap, adică „în serie". Lungimea unei miofibrile este determinată de numărul de sarcomeri căci variaţia de lungime a sarcomerilor este nesemnificativă (ex. sarcomerul are cca 2,2 μm cu variaţie de 2,1% în cadrul aceluiaşi muşchi; între muşchi putând fi mai mare, ca la muşchii membrului inferior la care variaţia de lungime a sarcomerilor este între 1,97 μm şi 3,01 μm (după Curts, 1988).

Potenţialul de acţiune ajuns la fibra musculară se propagă de-a lungul ei excitând miofibrilele. Toate sarcomerele dintr-o miofibrilă (care au cam acelaşi prag de excitabilitate) suferă o aceeaşi modificare de lungime (Δl) ceea ce înseamnă că miofibrilele care au mai mulţi sarcomeri în serie vor avea o variaţie de lungime mai mare [$n(\Delta l)$, n = Nr de sarcomeri]. În general, excitarea unei miofibrile aduce o variaţie de lungime a acesteia cam cu 1/3 faţă de lungimea ei de repaus şi deci cu cât lungimea de repaus a fost mai mare (pentru că există mai mulţi sarcomeri), cu atât modificarea de lungime în contracţie va fi mai mare.

Schimbarea de lungime se face cu o anumită velocitate („velocitatea de scurtare") care reprezintă media velocităţii fiecărui sarcomer × numărul sarcomerilor din miofibrilă [$\Delta V = n(\Delta V)$] ceea ce înseamnă că un număr crescut de sarcomeri asigură o rapiditate mai mare de schimbare în lungime (contracţie).

Dacă sarcomerii în miofibrile sunt aranjaţi „în serie", miofibrilele sunt aranjate în fibra musculară „în paralel" ceea ce face ca să maximalizeze forţa de contracţie a fibrei. Forţa (F) a fibrei musculare devine deci egală cu produsul între forţa fiecărei miofibrile (f) şi numărul acestora (F = nf).

O fibră musculară lungă, dar subţire, îşi bazează forţa pe aranjamentul seriat al sarcomerilor (căci are puţine miofibrile). O fibră musculară scurtă, dar groasă, îşi justifică forţa prin numărul de miofibrile paralele (Roy, Lieber, Edgerton etc., 1990-1992).

Autorii de mai sus şi-au făcut studiile pe cadavre. Aşa cum s-a mai arătat, se consideră (în medie) că un sarcomer are 2.2 μm lungime. În acest fel, fibra musculară a solearului (25 mm) trebuie să aibă 11.364 sarcomeri, în timp ce a croitorului 203.636 sarcomeri, în serie, la o lungime de 448 mm.

Suprafaţa de secţiune a fibrelor din deltoid – care arată mărimea „snopului" de miofibrile – este de 8.910 μm^2 (fibre tip II) şi 5.060 μm^2 (fibre tip I) la halterofili.

Se constată o foarte mare varietate a suprafeţei de secţiune în funcţie de vârstă, sex, antrenament etc.

Muşchii antigravitaţionali care asigură postura în ortostatism (ex. cvadriceps, triceps sural) sunt în general de 2 ori mai puternici decât antagoniştii lor, deci şi cu suprafeţe de secţiune de 2 ori mai mari (ex. cvadricepsul 87 cm^2, ischiogambierii 38 cm^2). În schimb, fibra musculară a ischiogambierului este mai lungă (43.000 sarcomeri) faţă de a cvadricepsului (31.200) ceea ce înseamnă că primul are o capacitate de modificare a lungimii mai mare.

6.2.2.2. *Aranjamentul întregului muşchi*

Şi la nivelul întregului muşchi există o arhitectură care influenţează parametrii funcţionali ai muşchiului.

Lungimea muşchiului nu este egală cu lungimea fibrei musculare ceea ce înseamnă că raportul între ele este întotdeauna subunitar. În tabloul 6.I. sunt trecuţi câţiva muşchi ai membrului inferior cu valorile lungimii fibrelor musculare, a suprafeţei de secţiune funcţionale care dă măsura forţei de contracţie, a raportului de lungime subunitar între lungimea fibrei şi cea a muşchiului global, precum şi valoarea unghiului de penaţie de care se va discuta în continuare.

Raportul subunitar de lungime se datorează existenţei a două procese: penaţia şi eşalonarea.

TABLOUL 6.I

PARAMETRII MORFOLOGICI AI MUSCULATURII MEMBRULUI INFERIOR (I)

Muşchiul	*Lungimea fibrei (mm)*	*Raport de lungime fibră/muşchi*	*Unghi de penaţie (rad)*	*Supr. de extensie funcţională (cm^2)*
Adductor mare al şoldului	114	0,53	0,04	18,2
Biceps femural	80	0,26	0,03	12,8
Gracilis	264	0,83	0,04	1,8
Drept femural	64	0,20	0,13	12,7
Sartorius	448	0,88	0,00	1,7
Vastul medial	73	0,23	0,10	21,1
Gastrocnemian medial	55	0,25	0,19	–
Tibial anterior	75	0,26	0,12	9,9
Tibial posterior	26	0,10	0,24	20,8
Solear	25	0,08	0,48	58,0
Extensor haluce	78	0,32	0,11	1,8
Flexor haluce	37	0,17	0,21	5,3
Peroneu lung	41	0,15	0,15	12,3

A. **Penaţia** este modalitatea arhitecturală prezentă la foarte mulţi muşchi la care fibrele musculare nu sunt colineare cu direcţia vectorului de forţă care tracţionează de tendon, ci sunt aranjate sub un unghi („unghiul de penaţie") faţă de vectorul de forţă. Fibrele musculare sunt prinse de pereţii conjunctivi intramusculari, lungimea fibrelor fiind astfel mai mică decât a întregului muşchi căci ele nu merg de la un cap la altul al muşchiului. Unghiul de penaţie adică unghiul de deviaţie al fibrei musculare de la linia de tracţiune a muşchiului variază între 0 şi 0,5 radiani (radian = unghiul reprezentat de coeficientul distanţei pe circumferinţa cercului egală cu raza cercului). Arhitectura muşchiului poate avea variate aspecte: în bandă, fusiform, triunghiular, unipenat, bipenat, multipenat (vezi fig. 6.14) – Primele 2 tipuri au

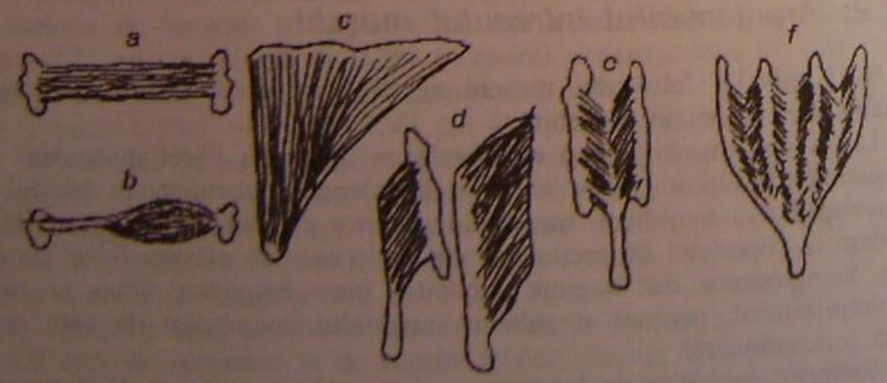


Fig. 6.14. – Arhitectura muşchilor.
a = în bandă; *b* = fusiformi; *c* = triunghiulari; *d* = unipenaţi; *e* = bipenaţi; *f* = multipenaţi.

unghi de penaţie zero, au fibre paralele, monopenaţii au toate fibrele la un acelaşi unghi, iar bi- şi multipenaţii au fibrele la două sau mai multe unghiuri.

Între lungimea fibrelor musculare, lungimea tendonului, unghiul de penaţie şi forţa de vârf a muşchiului există o corelare definitorie. În tabloul 6.II. sunt trecuţi ca exemplu muşchii membrului inferior cu parametrii de mai înainte. Tabloul este alcătuit de D. Scott după determinările mai multor autori.

TABLOUL 6.II

PARAMETRII MORFOLOGICI AI MUSCULATURII MEMBRULUI INFERIOR (II)
(După Delp Scott)

Muşchiul	*Lungimea tendonului nealungit (cm)*	*Lungimea fibrei musculare (cm)*	*Unghiul de penaţie (grade)*	*Forţa de vârf a muşchiului (N)*
Iliac	9	10	7	430
Psoas	13	10,4	8	370
Fesier mare	13,2	14,5	5	420
Fesier mijlociu	6,6	7,4	9	470
Fesier mic	3,1	5,2	4	190
Adductor mare	16	11,2	5	345
Pectineu	0,1	13,3	0	175
Drept femural	34,6	8,4	5	780
Semimembranos	35,9	8	15	1030
Semitendinos	26,2	20,1	5	330
Biceps femural	34,1	10,9	0	720
Gracilis	14	35,2	3	110
Croitor	4	57,9	0	105
Tensor facia lata	42,5	9,5	3	155
Vastul media	12,6	8,9	5	1295
Vast intermediar	13,6	8,7	3	1235
Vast lateral	15,7	8,4	5	1870
Solear	26,8	25	3	2830
Tibial posterior	31	12	3,1	1270
Tibial anterior	22,3	9,8	5	600
Gastrocnemian	13	8,8	4	1250

Rolul penaţiei este de a permite într-un acelaşi volum prezenţa unui număr mult mai mare de fibre paralele şi deci să realizeze o suprafaţă de secţiune mai mare, dar aceşti muşchi au o viteză de scurtare a întregului muşchi mai mică.

B. **Eşalonarea (decalarea)** fibrelor musculare contribuie de asemenea la raportul subunitar. Mănunchiul de fibre musculare (fascicul) care aparţin aceleiaşi unităţi motorii nu merg de la un cap la altul al muşchiului, ci cu un cap se termină în interiorul muşchiului pe endomisium (Trotter, Purslon, 1993) (fig. 6.15). Forţa realizată de o UM se transmite prin intermediul scheletului conjunctiv al muşchiului spre tendon. Deci sunt contracţii localizate ale muşchiului şi nu în massa întreagă ca o unitate, din tendon în tendon.

În acest fel se deschide un nou concept de fiziologia muşchiului, cel de *compartimentare* a muşchiului. Astfel conceptul anatomic de muşchi,

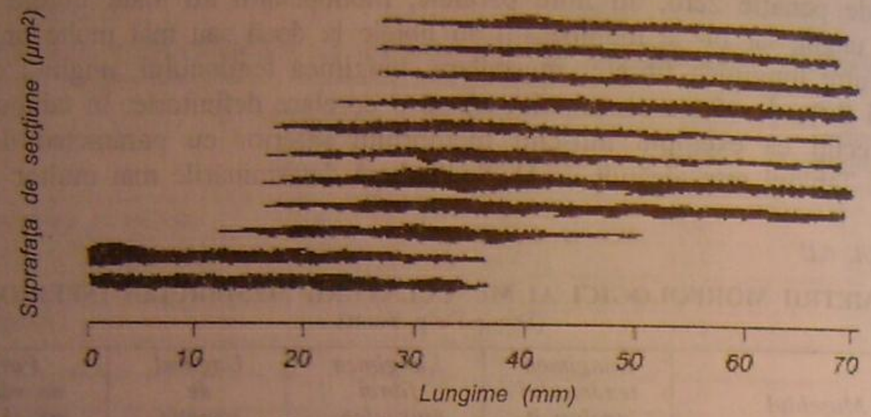


Fig. 6.15. – Eşalonarea fibrelor musculare.
Poziţia a 11 fibre musculare din tibialul anterior de la pisică.

ca o unitate omogenă, nu mai corespunde cu conceptul fiziologic care nu mai este privit ca o unitate de contracţie, ci ca o structură „compartimentată" funcţional, cu compartimente activate independent (prin UM proprie) şi având şi distribuţia de fibre diferită. Inervaţia „compartimentelor" este realizată pe baza schemei de inervare a ramurilor primare ale nervului motor, dar fără difazări.

Aranjarea paralelă a fibrelor duce la creşterea suprafeţei de secţiune şi, după cum s-a mai arătat, forţa musculară este proporţională cu această suprafaţă, adică cu suma secţiunilor tuturor fibrelor de la un anumit nivel. Subliniem „de la un anumit nivel de secţiune" al muşchiului căci datorită fenomenului de „decalare" al fibrelor unele pot să nu fie prinse în suprafaţa de secţiune. În plus, măsurarea anatomică (pe cadavru) a suprafeţei de secţiune este dificilă datorită penaţiei în care caz trebuie luat în calcul şi unghiul acesteia. *In vivo* mărimea suprafeţei de secţiune se apreciază prin ecografie, computertomograf şi mai ales rezonanţă magnetică.

Cu totul aproximativ s-a calculat că fiecare cm^2 de suprafaţă musculară ar putea dezvolta o forţă maximă de 3,6-4 kg.

6.2.3. *Inserţiile musculare*

Muşchii acţionează asupra pârghiilor/segmentelor corpului pentru mobilizare numai prin „tracţionarea" lor nu şi prin „împingere". Pentru a realiza diversele grade de libertate în mobilizarea articulară cel puţin o pereche de muşchi (agonist-antagonist) trebuie să încrucişeze articulaţia pe direcţia mişcării controlate (flexie-extensie, abducţie-adducţie, rotaţie internă-externă). De fapt este vorba de cele mai multe ori de grupuri de muşchi (sinergişti) care sunt comandaţi să lucreze împreună.

Punctul de inserţie al muşchilor, în raport cu articulaţia, reprezintă unul din elementele esenţiale în realizarea forţei şi mişcării.

De fapt această relaţie are la bază tot o componentă a arhitecturii muşchiului, respectiv a distanţei de la axul de mişcare articular la locul de inserţie. Numim *„braţul momentului"* muşchiului distanţa minimă (adică perpendiculară) între inserţia muşchiului (adică locul de acţiune al forţei) şi axa de mişcare articulară (adică a mişcării realizate de respectivul muşchi).

Repetăm, pentru că este o problemă foarte importantă, arhitectura muşchiului concretizată prin locul de inserţie a muşchiului în raport cu axul de rotare (de mişcare) al articulaţiei influenţează atât mişcarea (amplitudinea), cât şi forţa musculară (torque-ul).

1. ***Influenţa asupra mişcării***

Clasic desigur se admite că un muşchi cu fibră mai lungă are o mişcare funcţională (de la poziţia alungită maxim la cea de scurtare maxim) mai mare decât o are o fibră scurtă. Întrebarea este dacă această realitate se traduce şi prin diferenţe de amplitudine de mişcare articulară corespunzătoare. Răspunsul este negativ.

Modificările lungimii muşchiului care apar când articulaţia rotează (se mişcă) sunt strâns dependente de braţul momentului.

Fig. 6.16 explică această aserţiune. În A braţul momentului este net mai mic decât în B (cu mărimea săgeţii), ceea ce înseamnă că în cazul A muşchiul îşi va modifica mai puţin lungimea pentru o anumită schimbare de unghi articular. La o aceeaşi schimbare de amplitudine articulară, în cazul B muşchiul îşi modifică lungimea mai mult.

Aşadar, crescând braţul momentului, amplitudinea de mişcare articulară scade. Să se observe din fig. 6.16 că, în cazul A, între situaţia de flexie

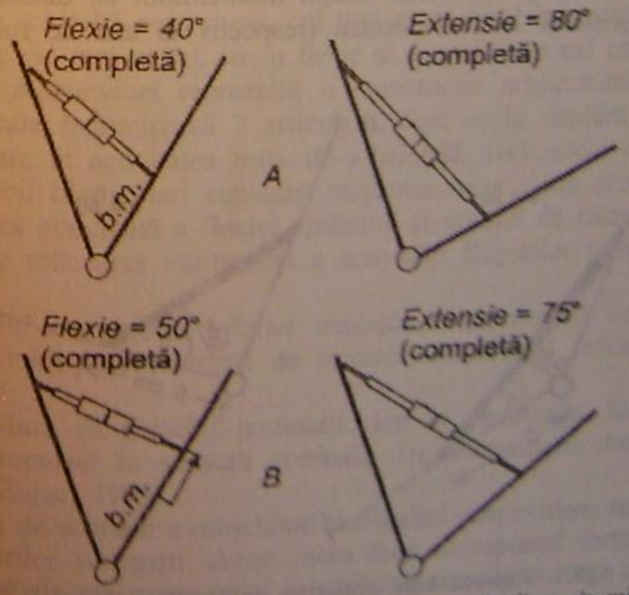


Fig. 6.16. – Relaţia între braţul momentului şi amplitudinea de mişcare.

completă, comparativ cu extensia completă, diferenţa de amplitudine este de 40°, pe când în cazul B este doar de 25°. Cauza? Mărimea braţului momentului (mai mare la B).

Aşadar, nu mai trebuie să judecăm capacitatea muşchiului de a avea o viteză de mişcare mare în directă legătură cu lungimea fibrei lui. Determinant este în ce poziţie arhitecturală se plasează muşchiul pentru a determina mărimea braţului momentului. Dacă poziţia lui creează un braţ al momentului mare nu ne vom aştepta la velocităţi crescute din partea lui. Aşadar, se pare că lungimea fibrelor unui muşchi se corelează pozitiv cu braţul momentului (McClearn, 1985).

2. ***Influenţa asupra forţei***

După cum se ştie, muşchiul dezvoltă o forţă lineară pe direcţia fibrelor şi tendonului lui. Dar mişcarea în articulaţie este rotatorie şi ea este de fapt rezultatul nu numai al forţei muşchiului, ci şi al braţului momentului, rezultantă denumită "torque" (fără traducere românească).

Deci torque-ul = forţa × braţul momentului. S-a arătat că braţul momentului se raportează la axa de mişcare articulară sau, altfel spus, la centrul de rotaţie al articulaţiei (braţul momentului este distanţa cea mai mică – perpendiculara – între linia de acţiune a muşchiului şi centrul de rotaţie articular).

Dar multe articulaţii îşi schimbă centrul de rotaţie în timpul mişcării (vezi „Genunchiul" în capitolul „Elemente de biomecanică"). Cotul este o articulaţie care rămâne pe parcursul mişcării cu acelaşi centru de rotaţie. În fig. 6.17 să schematizăm articulaţia cotului pe care să analizăm raportul arhitecturii musculare cu forţa musculară. Considerând existenţa unui „centru de rotaţie momentan" se poate defini braţul momentului ca distanţa de la linia de forţă a muşchiului la acest centru (respectiv la axa de rotaţie a articulaţiei).

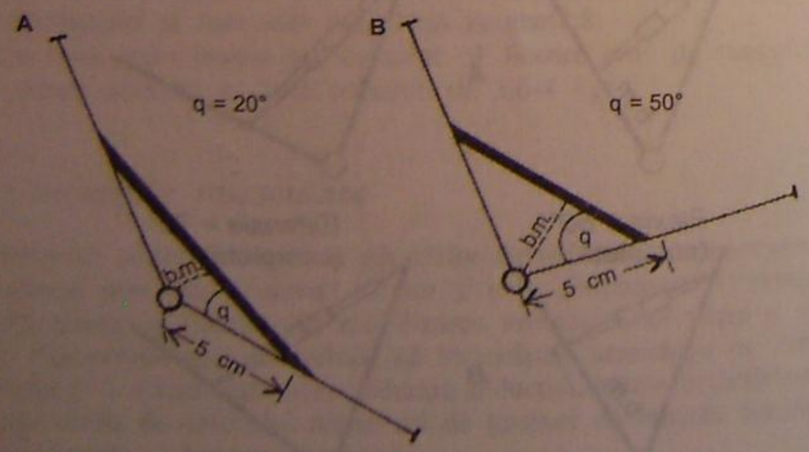


Fig. 6.17. – Raportul între arhitectura muşchiului (inserţie) şi forţă. *b.m.* = braţul momentului.

În cazul A, cotul în extensie, unghiul q este mic, de 20°. Considerând distanţa între inserţia brahialului şi centrul de rotaţie ca 5 cm, distanţa perpendiculară de la linia muşchiului până la axa de rotaţie va fi: braţul momentului = 5 × sin20° = 1,7 cm.

Este un braţ mic, aşa că cea mai mare parte a forţei generată de muşchi va determina compresia articulară (forţa os pe os), decât rotaţia articulară.

În cazul B cu un unghi de 50°, avem: braţul momentului = 5 × sin50° = 4,3 cm, deci cu mare potenţial de a utiliza forţa musculară pentru rotaţie.

Rolul arhitecturii musculare cu inserţiile respective se evidenţiază pregnant în contextul muşchilor sinergişti.

Să luăm exemplul flexorilor cotului (bicepsul brahial, brahioradialul şi brahialul). Toţi 3 muşchii contribuie la „torque-ul" de flexie al cotului, dar nu generează fiecare forţe echivalente tocmai datorită arhitecturii diferite (lungimea fibrelor, suprafaţa de secţiune, puncte de inserţie) care va influenţa amplitudinea mişcării cotului realizată de fiecare, velocitatea contracţiei şi forţa maximă. Această arhitectură musculară adaptată la nevoile funcţionale ale membrului superior răspunde diferit la schemele asociative pe care SNC le comandă şi monitorizează în funcţie de solicitarea momentului. Aşa, spre exemplu, bicepsul devine foarte puternic când ceilalţi doi îşi reduc activitatea. Dacă opunem rezistenţă la supinaţie bicepsul îşi va creşte imediat activitatea, dar nu şi brahioradialul. Dacă se creşte rezistenţa la pronaţie se intensifică activitatea brahioradialului, dar nu şi a bicepsului. Dacă opunem rezistenţă crescută pentru flexie-extensie, rotaţie internă-rotaţie externă sau pronaţie-supinaţie la nivelul pumnului se vor activa asociativ brahialul şi brahioradialul şi nu cuplul muscular biceps plus brahioradial.

În timpul mişcării antebraţului pe toată amplitudinea, desigur că braţul momentului se schimbă permanent, cel mai mare fiind în poziţia medie (când şi torque-ul este cel mai mare), iar în flexie şi extensie maximă este cel mai mic.

Muşchii biarticulari reprezintă o construcţie arhitecturală deosebită a unor muşchi care încrucişează 2 articulaţii, fapt ce le conferă nişte caracteristici particulare în activitatea musculo-scheletală. Iată unele din acestea:

1. Muşchii biarticulari cuplează mişcarea celor două articulaţii.

Realizarea simultană a flexiei umărului şi cotului de către bicepsul brahial se face cu reducerea importantă a activităţii flexorilor proprii ai fiecărei articulaţii.

La nivelul membrului inferior extensia coxofemurală concomitent cu flexia genunchiului este realizată de semimembranos cu scăderea activităţii fesierului mare.

Se apreciază că muşchii monoarticulari ai membrului inferior asigură acţiunea de propulsie în săritura verticală, iar biarticularii determină coordonarea fină (Zajac, 1993).

2. Viteza de scurtare a muşchilor biarticulari este evident mai mică decât a monoarticularilor sinergişti. Acest lucru face ca raportul forţă/velocitate al biarticularilor să fie mai mare, sunt capabili să exercite o forţă mai mare (un procent mai mare din forţa izometrică maximă) (Van Ingen Schenan, 1990).

completă, comparativ cu extensia completă, diferenţa de amplitudine este de 40°, pe când în cazul B este doar de 25°. Cauza? Mărimea braţului momentului (mai mare la B).

Aşadar, nu mai trebuie să judecăm capacitatea muşchiului de a avea o viteză de mişcare mare în directă legătură cu lungimea fibrei lui. Determinant este în ce poziţie arhitecturală se plasează muşchiul pentru a determina mărimea braţului momentului. Dacă poziţia lui creează un braţ al momentului mare nu ne vom aştepta la velocităţi crescute din partea lui. Aşadar, se pare că lungimea fibrelor unui muşchi se corelează pozitiv cu braţul momentului (McClearn, 1985).

2. ***Influenţa asupra forţei***

După cum se ştie, muşchiul dezvoltă o forţă lineară pe direcţia fibrelor şi tendonului lui. Dar mişcarea în articulaţie este rotatorie şi ea este de fapt rezultatul nu numai al forţei muşchiului, ci şi al braţului momentului, rezultantă denumită "torque" (fără traducere românească).

Deci torque-ul = forţa × braţul momentului. S-a arătat că braţul momentului se raportează la axa de mişcare articulară sau, altfel spus, la centrul de rotaţie al articulaţiei (braţul momentului este distanţa cea mai mică – perpendiculara – între linia de acţiune a muşchiului şi centrul de rotaţie articular).

Dar multe articulaţii îşi schimbă centrul de rotaţie în timpul mişcării (vezi „Genunchiul" în capitolul „Elemente de biomecanică"). Cotul este o articulaţie care rămâne pe parcursul mişcării cu acelaşi centru de rotaţie. În fig. 6.17 să schematizăm articulaţia cotului pe care să analizăm raportul arhitecturii musculare cu forţa musculară. Considerând existenţa unui „centru de rotaţie momentan" se poate defini braţul momentului ca distanţa de la linia de forţă a muşchiului la acest centru (respectiv la axa de rotaţie a articulaţiei).

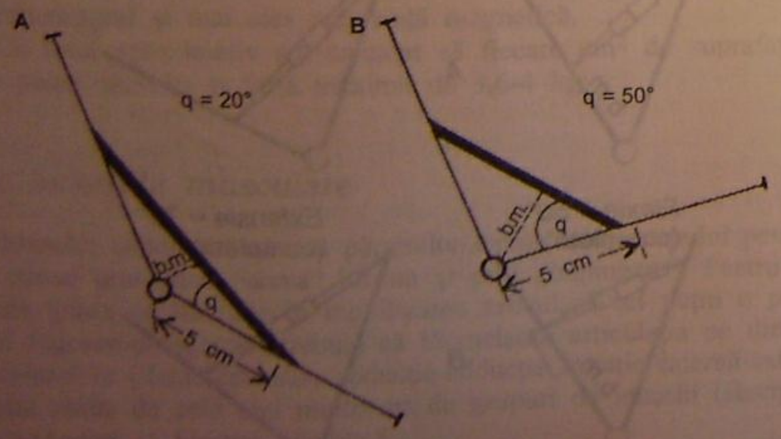


Fig. 6.17. – Raportul între arhitectura muşchiului (inserţie) şi forţă. *b.m.* = braţul momentului.

În cazul A, cotul în extensie, unghiul q este mic, de 20°. Considerând distanţa între inserţia brahialului şi centrul de rotaţie ca 5 cm, distanţa perpendiculară de la linia muşchiului până la axa de rotaţie va fi: braţul momentului = 5 × sin20° = 1,7 cm.

Este un braţ mic, aşa că cea mai mare parte a forţei generată de muşchi va determina compresia articulară (forţa os pe os), decât rotaţia articulară.

În cazul B cu un unghi de 50°, avem: braţul momentului = 5 × sin50° = 4,3 cm, deci cu mare potenţial de a utiliza forţa musculară pentru rotaţie.

Rolul arhitecturii musculare cu inserţiile respective se evidenţiază pregnant în contextul muşchilor sinergişti.

Să luăm exemplul flexorilor cotului (bicepsul brahial, brahioradialul şi brahialul). Toţi 3 muşchii contribuie la „torque-ul" de flexie al cotului, dar nu generează fiecare forţe echivalente tocmai datorită arhitecturii diferite (lungimea fibrelor, suprafaţa de secţiune, puncte de inserţie) care va influenţa amplitudinea mişcării cotului realizată de fiecare, velocitatea contracţiei şi forţa maximă. Această arhitectură musculară adaptată la nevoile funcţionale ale membrului superior răspunde diferit la schemele asociative pe care SNC le comandă şi monitorizează în funcţie de solicitarea momentului. Aşa, spre exemplu, bicepsul devine foarte puternic când ceilalţi doi îşi reduc activitatea. Dacă opunem rezistenţă la supinaţie bicepsul îşi va creşte imediat activitatea, dar nu şi brahioradialul. Dacă se creşte rezistenţa la pronaţie se intensifică activitatea brahioradialului, dar nu şi a bicepsului. Dacă opunem rezistenţă crescută pentru flexie-extensie, rotaţie internă-rotaţie externă sau pronaţie-supinaţie la nivelul pumnului se vor activa asociativ brahialul şi brahioradialul şi nu cuplul muscular biceps plus brahioradial.

În timpul mişcării antebraţului pe toată amplitudinea, desigur că braţul momentului se schimbă permanent, cel mai mare fiind în poziţia medie (când şi torque-ul este cel mai mare), iar în flexie şi extensie maximă este cel mai mic.

Muşchii biarticulari reprezintă o construcţie arhitecturală deosebită a unor muşchi care încrucişează 2 articulaţii, fapt ce le conferă nişte caracteristici particulare în activitatea musculo-scheletală. Iată unele din acestea:

1. Muşchii biarticulari cuplează mişcarea celor două articulaţii.

Realizarea simultană a flexiei umărului şi cotului de către bicepsul brahial se face cu reducerea importantă a activităţii flexorilor proprii ai fiecărei articulaţii.

La nivelul membrului inferior extensia coxofemurală concomitent cu flexia genunchiului este realizată de semimembranos cu scăderea activităţii fesierului mare.

Se apreciază că muşchii monoarticulari ai membrului inferior asigură acţiunea de propulsie în săritura verticală, iar biarticularii determină coordonarea fină (Zajac, 1993).

2. Viteza de scurtare a muşchilor biarticulari este evident mai mică decât a monoarticularilor sinergişti. Acest lucru face ca raportul forţă/velocitate al biarticularilor să fie mai mare, sunt capabili să exercite o forţă mai mare (un procent mai mare din forţa izometrică maximă) (Van Ingen Schenau, 1990).

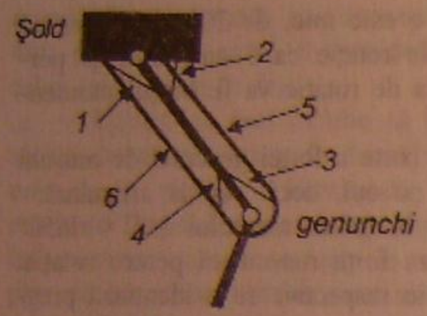


Fig. 6.18. – Model al unei coapse cu 6 muşchi:
1, 2, 3, 4 = monoarticulari; *5, 6* = bipolari (după van Ingen Schenau).

Dreptul femural se scurtează mai lent, în acţiunea lui de flexie coxo-femurală şi extensie genunchi, decât vaştii. Idem, viteza gastrocnemianului este mai mică decât a solearului în timpul extensiei genunchiului cuplată cu flexia plantară.

3. Muşchii biarticulari au posibilitatea să redistribuie de-a lungul membrului torque-ul muscular şi puterea articulară (Gielen, Tax, Theeuwen, 1990).

Figura 6.18 schematizează această caracteristică. Muşchiul 5 realizează forţa pentru flexia şold şi extensia genunchi, iar muşchiul 6 realizează forţa pentru extensia şold şi flexia genunchi. Activarea muşchiului 6 concomitent cu 1 şi 3 va determina o puternică extensie de şold prin redistribuţia mărimii torque-ului de la genunchi spre şold. Invers, prin activarea muşchilor 5, 1 şi 3, redistribuţia se face spre extensia genunchiului.

6.3. *ENERGIA MUSCULARĂ*

Întreaga activitate musculară, respectiv activitatea tonică, contractilă statică şi dinamică, necesită un consum energetic continuu. Acest consum energetic se face pe seama oxigenului şi a aportului de substanţe energetice: zaharurile şi grăsimile.

Celula musculară este o mare consumatoare de O_2 şi, după cum se va mai discuta, VO_2 este un important parametru de apreciere a activităţii musculare, a randamentului ei (raportul între lucrul mecanic efectuat şi VO_2).

Din cei aproximativ 1000 ml O_2 rezerva organismului în O_2, muşchii stochează pe mioglobină (cromoproteină sarcoplasmatică) cca 350 ml, sângele având 600 ml, iar 50 ml fiind intratisular.

Energia musculară reprezintă de fapt transformarea energiei chimice în energie mecanică, contractilă, printr-un proces chimico-dinamic şi nu termodinamic. Dacă ar fi altfel, procesul energetic muscular cu un randament de 20-30% ar trebui să se producă la peste 100° şi nu la 37° cât este temperatura centrală.

În funcţie de situaţia concretă, a activităţii fizice, muşchiul utilizează variat sursele sale energetice. Astfel, pentru o activitate normală şi în repaus, 2/3 din energie este preluată din arderea lipidelor. Într-un efort intens de scurtă durată, energia este furnizată aproape în totalitate de către glucide – metabolism anaerob – în timp ce în eforturile prelungite dar moderate sursa energetică este dată mai ales de acizii graşi, liberi.

Sarcoplasma celulei musculare este plină de enzime implicate în procesul de glicoliză (fosforilaza a şi b, fosfoglucomutază, fosfofructokinază, aldolază, trifosfatizomerază, fosfogliceraldehid dehidrogenază etc.) ca şi mitocondriile celulei musculare care abundă de enzime implicate în ciclul Krebs al glucozei ca şi în procesele de oxido-reducere. La acestea se adaugă enzimele necesare transferului grupărilor fosfat indispensabile metabolismului muscular (ATP-aza, miokinaza, creatin-fosfokinaza). Reamintim că ATP-aza este legată de unul din capetele punţilor transversale contractile.

Deşi mare consumator de glucide muşchiul nu intervine direct în reglarea glicemiei, căci nu conţine enzima glucozo-6-fosfat.

6.3.1. *Extragerea energiei din glucoză*

Există două căi diferite în metabolismul glucozei, una anaerobică care se produce în citoplasmă având o eficienţă scăzută şi alta, aerobică ce se desfăşoară în mitocondrie având ca efect o mare eliberare de energie şi care necesită O_2.

A. **Metabolismul anaerobiotic** începe prin trecerea glucozei din sânge în citoplasmă unde este legată prin fosforilare, transformată în fructoză şi din nou fosforilată ca fructoză difosfat. Aceste reacţii cer energie pe care o iau prin 2 molecule de ATP pentru o moleculă de glucoză. Fructoza difosfat este clivată în 2 molecule de gliceraldehidă fosfat care, oxidându-se în fosfogliceraţi, eliberează energie sub formă de ATP (2 molecule) şi nicotinamid-adenin-dinucleotid (2 molecule). Enzima gliceraldehid-fosfat dehidrogenaza (enzimă cheie în anaerobioză) transferă un atom de hidrogen de la gliceraldehid fosfat pe nicotinamid-adenim-dinucleotid.

Oxidarea fosfogliceraţilor în piruvaţi mai produce încă 2 molecule ATP.

În acest fel, în anaerobioză se consumă 2 ATP şi se produc 8 ATP.

B. **Metabolismul aerobic** are ca element de pornire piruvatul pentru fosforilare oxidativă în cadrul ciclului Krebs sau al acidului citric.

Acidul piruvic rezultat din glicoliza citoplasmatică este transportat la nivelul mitocondriei suferind conversia în acetilcoenzima A, în continuare degradarea făcându-se în ciclul acidului citric (acid tricarboxilic) sau ciclul Krebs.

În cadrul acestui proces, deşi se formează doar 2 molecule ATP, se eliberează 24 atomi de hidrogen care, preluaţi de nicotinamid-adenim-dinucleotid şi introduşi în reacţii chimice oxidative se eliberează cantităţi foarte mari de ATP (cca 90% din tot ATP-ul realizat din metabolismul glucozei), reacţii denumite „fosforilare oxidativă". Această reacţie se produce numai în prezenţa oxigenului căci fără acesta acidul piruvic va fi convertit în acid lactic.

6.3.2. *Extragerea energiei din acizi graşi*

Acizii graşi cu lanţuri lungi de carbon şi hidrogen reprezintă sursa majoră pentru energia musculară în timpul activităţii fizice normale.

Utilizarea grăsimilor (trigliceridelor) în scop energetic se realizează printr-o primă reacţie de hidrolizare a lor în acizi graşi liberi, neesterificaţi, circulanţi, care se combină repede cu o albumină plasmatică.

Concentraţia acizilor graşi în plasmă este mică, dar au un turnover extrem de rapid (jumătate din ei sunt înlocuiţi la 2-3 min) pentru a asigura energia organismului. La solicitări crescute, creşte numărul de molecule de acizi graşi fixaţi pe albumina circulantă (până la 30 molecule adică de 10 ori mai mult decât obişnuit). Convertirea acizilor graşi în acetil-coenzima A (procesul putând fi şi intens) care intră în ciclul Krebs reprezintă pornirea pentru utilizarea oxidativă a acizilor graşi în energia musculară (vezi mai sus metabolismul aerobic).

Pentru fiecare 2 carboni din acidul gras oxidarea determină 5 molecule ATP, generând acetil coenzima A şi apoi încă 12 molecule ATP prin oxidarea acesteia.

Se remarcă deci nevoia de oxigen pentru eliberarea de energie utilizabilă de muşchi din acizi graşi.

Aşadar, fiziologic, efortul muscular trebuie să se desfăşoare în condiţii aerobice, adică pe baza energiei furnizate de procesele oxidative ale glucozei sau acizilor graşi.

În situaţii limită însă, când energia este solicitată foarte rapid sau în cantitate foarte mare (datorită efortului) aportul de O_2 (VO_2) nu mai face faţă, motiv pentru care metabolismul energetic se deplasează spre anaerobioză. Un astfel de metabolism nu mai arde lipide, ci doar glucoză, sărăcind depozitele de glicogen ale organismului. În plus, energia generată pe cale anaerobă este insuficientă.

Organismul nu poate rezista prea mult timp cu un metabolism energetic de acest tip.

6.3.3. *Moleculele celulare, surse directe de energie*

Glucoza şi acizii graşi sunt sursele primare de energie pentru activitatea musculară dar, aşa cum am văzut, celula musculară nu le poate utiliza ca atare.

Celula conţine un număr de molecule cu înaltă energie care intră imediat în reacţia energetică de contracţie musculară.

a) Adenozin-trifosfatul (ATP) care apare din reacţiile energetice mai sus descrise. Clivarea lui eliberează 7,3 kcal/mol.

b) Nicotinamid-adenin-dinucleotid (NAD) are un rol central în metabolismul oxidativ aşa cum s-a arătat deja. NAD poate transfera 2 electroni şi un ion de hidrogen la O_2 eliberând 52,6 kcal/mol. Această energie eliberată este suficientă să sintetizeze de la ADP (adenozin-difosfat) şi fosfor, 7,2 molecule ATP (teoretic, căci practic sintetizează doar 3 molecule);

c) Flavin-adenin-dinucleotid poate elibera 43,4 kcal/mol, energie care poate resintetiza aproape 6 molecule ATP (practic doar 2 molecule);

d) Creatin-fosfat, o formă fosforilată a creatinei sub care se poate stoca energie. Stocarea de energie în celula musculară este necesară deoarece aceasta cere foarte repede energie pentru contracţie pe care metabolismul normal nu i-o poate furniza în termen.

Creatin-fosfatul se desface repede oferind grupul fosfat ADP-ului pentru a regenera ATP necesar contracţiei musculare. Hidroliza creatinfosfatului eliberează şi 10,3 kcal/mol.

Fibrele musculare rapide folosesc cu precădere energia din creatinfosfat pentru primele secunde ale activităţii intense musculare.

Importanţa creatinei în metabolismul energetic reiese şi din valoarea turnoverului ei 2 g/zi, respectiv zilnic 2 g sunt degradate şi 2 g resintetizate, realizându-se în permanenţă un echilibru al creatininei circulante şi intracelulare. Muşchii omului au o capacitate maximă de stocare de 150 mmol creatină/kg muşchi.

Prin alimente (carne) se realizează un aport suplimentar de creatină (muşchii conţin 0,5% creatină din massa lor) în care caz sinteza ei în organism este redusă pentru menţinerea unui echilibru.

Poate creşte performanţa un aport crescut de creatină? S-a discutat şi studiat mult. Există în prezent un consens că suplimentul de creatină nu poate creşte forţa de vârf, dar poate creşte travaliul cu 8% într-o primă şi scurtă durată de timp.

*
* *

Atât studiile teoretice cât şi activitatea practică, mai ales din domeniul medicinii sportive, s-au orientat mereu spre diversele aspecte de corelare între activitatea fizică, antrenament, performanţă şi substratul sau consumul energetic muscular.

În diverse paragrafe ale acestei monografii se pot găsi o serie de referiri la aceste aspecte pe care nu le mai reluăm*.

Sintetizând consumul energetic muscular în procesul de contracţie, luând drept criteriu producerea şi consumul de ATP, se poate constata o anumită ordine a consumului energetic (fig. 6.19).

În iniţierea contracţiei musculare se face apel la depozitul de ATP care se epuizează în câteva secunde. Imediat devine disponibil ATP-ul rezultat din conversia rapidă a creatin-fosfatului. Între 30 sec şi 3 min depozitul de creatin-fosfat este şi el epuizat, muşchiul devenind dependent de procesele metabolice în curs. Se recurge la glucoză şi glicogen pentru producere de ATP (prin glicoliză) cu un maxim de 40-50 sec.

Dacă activitatea musculară continuă cu aproximativ 70% din capacitatea maximă se poate continua pentru o oră consumul de glicogen din depozit după care acesta se epuizează.

---

* A se vedea capitolul „Exerciţiul aerobic şi antrenamentul la efort".

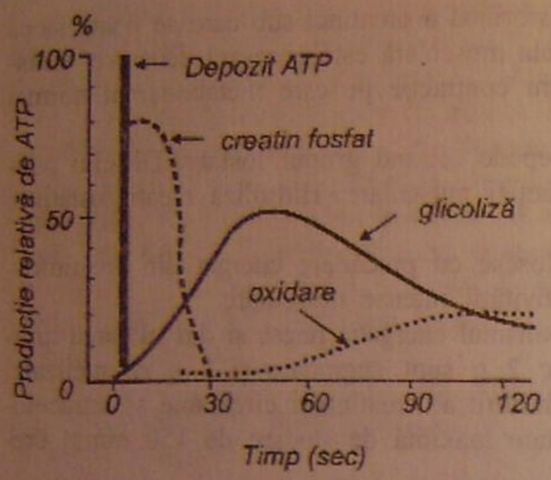


Fig. 6.19. – Surse de ATP în timpul contracţiei (R. L. Joynt).

Orice activitate peste 60 sec necesită producere aerobă de ATP care va creşte treptat în următoarele 2-3 min.

Concomitent cu sursa hidrocarbonată, se începe utilizarea acizilor graşi pentru producerea de ATP, aceasta ajungând în travaliul aerobiotic să reprezinte în jur de 70%.

6.4. EVALUAREA MUSCULARĂ

Nu este posibilă nici un fel de abordare a vreunui program de recuperare musculară fără a avea o evaluare exactă a stării patomorfofuncţionale a musculaturii respective.

Evaluarea musculară este complexă, în final ea trebuind să ne dea răspunsul asupra valorii forţei musculare, a rezistenţei musculare, a tonusului muscular, asupra inervării musculare, a controlului motor şi desigur a integrităţii anatomice a musculaturii.

Testarea musculară are un mare rol chiar în precizarea diagnosticului de boală. Aşa, spre exemplu, doar pe baza lipsei de răspuns a flexorilor plantari ai piciorului vom putea pune diagnosticul de afectare a sciaticului popliteu intern şi dacă această afectare este completă sau parţială. Tot pe testarea exactă a muşchilor paralizaţi apreciem nivelul lezional medular la un traumatizat vertebromedular.

În toate bolile neurologice testarea musculară alături de cea sensitivă devine definitorie pentru diagnostic.

Alături de precizarea diagnosticului de boală, evaluarea musculară ne dă o suită de lămuriri obligatorii pentru programul recuperator:

a) să apreciem valoarea musculară disponibilă pe care ne putem baza în programul terapeutic;

b) să înţelegem cât de mult slăbiciunea muşchilor afectează activităţile zilnice (ADL);

c) să putem preveni sau corecta dezechilibrele musculare care au generat diformităţi sau dezaxări;

d) să apreciem necesităţile pentru aparate şi dispozitive de asistare ca măsură compensatorie (de la purtare de baston, orteze până la stimulatoare neuromusculare);

e) să putem selecta activităţile posibile ale individului în funcţie de capacităţile musculare ale sale (ale restantului muscular);

f) să ştim exact ce muşchi trebuie reeducaţi şi cât de importantă trebuie să fie această evaluare.

g) să apreciem posibilităţile vocaţionale. Evaluarea musculară se face întotdeauna după bilanţul articular.

6.4.1. *Evaluarea musculară subiectivă*

Primul contact cu deficitul muscular îl luăm prin anamneza asupra acestui deficit. Bolnavul ne va prezenta acuzele caracteristice: nu poate mişca segmentul x, loveşte pietrele cu vârful pantofului, nu se poate aşeza sau scula de pe scaun, nu poate merge pe vârfurile picioarelor etc. Sau: nu poate lucra decât câteva minute apoi oboseşte, merge 100-200 m apoi îşi târăşte picioarele, nu mai poate scrie decât o pagină etc. etc.

Întrebările medicului sau kinetoterapeutului trebuie să completeze şi să lămurească toate aspectele observaţiilor şi afirmaţiilor pacientului.

6.4.2. *Evaluarea obiectivă*

Se referă la examenul clinico-funcţional făcut pacientului.

a) Inspecţia ne arată relieful muscular comparat cu cel opus sau cu relieful normal al acelei zone. Astfel apreciem de la început hipotrofia sau hipertrofia musculară.

Subliniem aprecierea greşită a volumului maselor musculare în prezenţa edemului care ne maschează nu numai hipotrofia musculară, ci uneori chiar hipotonia.

De asemenea, inspecţia masselor musculare a teritoriilor interesate trebuie să aibă ca termen de orientare starea nu numai a musculaturii simetrice, ci şi a musculaturii întregului corp, pentru a nu interpreta ca patologică musculatura subţire, fără relief, a persoanelor slabe sau longiline.

b) Palparea masselor musculare (în poziţii de relaxare) ne precizează hipotoniile sau hipertrofiile (contracturile) musculare. Şi mişcarea pasivă a segmentelor ne dă informaţii asupra acestor aspecte putând chiar să deosebim o spasticitate piramidală (semnul lamei de briceag) faţă de o rigiditate extrapiramidală (semnul roţii dinţate).

Evaluarea musculară, aşa cum se arăta, se referă la testarea forţei musculare, a rezistenţei musculare, a tonusului muscular, dar şi la testarea controlului şi abilităţii musculare. Acest ultim aspect, însă, este analizat de obicei nu în cadrul evaluării musculare, ci al controlului-coordonării şi echilibrului.

Testările celor 3 aspecte ale fiziologiei musculare le vom insera sub titulatura „evaluării obiective". Trebuie însă să precizăm că, de fapt, nici o testare nu este „obiectivă", realmente ele conţinând chiar un larg substrat de subiectivism, atât al pacientului cât şi al testatorului. Se exceptează, desigur, de la această afirmaţie testările instrumentale de care se va vorbi separat.

6.4.2.1. *Testarea forţei musculare*

Amintim că definim forţa musculară ca fiind: "capacitatea sistemului neuromuscular de a învinge o rezistenţă prin contracţie musculară sau ca "tensiunea pe care o dezvoltă un muşchi când se contractă".

Teoretic se poate presupune că există o forţă maximă absolută pe care însă niciodată nu o vom putea testa. Noi testăm forţa maximă relativă, adică forţa dintr-un anumit moment.

Există mai multe tehnici de testare a forţei musculare.

a) Testingul muscular manual sau bilanţul muscular manual (metoda Fundaţiei Naţionale pentru Paralizie Infantilă, 1946, prelucrat şi generalizat de L. Daniels şi C. Warthingham) este cel mai folosit.

În tabloul 6.III., rezumăm cotarea acestui test.

Testul acesta are la bază 2 idei de excelenţă ale profesorului Robert Lovett de la Universitatea Harvard, în 1912. Prima a fost introducerea rezistenţei gravitaţiei pentru forţa 3 care desparte net pacienţii cu incapacitate severă de cei cu capacităţi normale sau convenabile. A doua idee a fost în di-

TABLOUL 6.III

TESTINGUL MUSCULAR

Grad	*Calificativ*	*Forţă*	*Anduranţă*
5	Normală	Realizează mişcare completă contra gravitaţiei şi a unei rezistenţe puternice	Se pot executa toate activităţile curente fără să obosească (activitate curentă = activităţi zilnice obişnuite cu excepţia muncilor grele)
4	Bună	Idem, dar rezistenţa este moderată	
3+	Moderată cu +	Idem, dar rezistenţa este uşoară	Anduranţă limitată; oboseala apare repede
3	Moderată	Mişcare completă contra gravitaţiei	Nu poate executa decât parţial activităţile curente. Mersul practic nu este posibil (dacă toţi muşchii membrelor inferioare sunt cu forţă 3)
3-	Moderată cu –	Mişcarea este posibilă contra gravitaţiei doar 50% din amplitudine	Idem dar mai accentuat
2+	Slabă cu +	Mişcare antigravitaţională sub 50% din amplitudine	Se pot executa unele activităţi curente doar cu asistenţă mecanică
2	Slabă	Mişcare completă dar cu gravitaţia exclusă	
2-	Slabă cu –	Mişcare parţială în condiţii de excludere a gravitaţiei	Nu se poate performa nici o activitate curentă. Dependenţă totală
1	Schiţată	Nu există mişcare, dar se poate simţi contracţia la nivelul tendonului	
0	Zero	Nu există contracţie	

ferenţierea acestei ultime categorii (subiecţii cu forţă peste 3) prin aplicarea unor rezistenţe suplimentare pentru a se putea individualiza normalitatea.

Testul muscular manual cere o bună cunoaştere a sistemului muscular de către testator. Testul apreciază forţa nu a unui muşchi, ci a grupului muscular care execută o anume mişcare (este una din părţile negative ale testului).

Pentru fiecare grup muscular, testarea cere poziţionări deosebite pentru anularea gravitaţiei (forţă 0-1-2) sau, din contră, pentru implicarea gravitaţiei (forţă 3-4-5) cu sau fără rezistenţe suplimentare.

Toate aceste aspecte sunt prezentate în amănunt în diverse publicaţii. Noi nu le vom putea relua aici, acestea depăşind spaţiul acordat problemelor de evaluare.

Recomandăm pentru testingul manual muscular aceleaşi 3 cărţi amintite la testingul articular, şi în plus: Mircea Chiriac: Testarea manuală a forţei musculare, Editura Universităţii, Oradea, 2000.

Trebuie ştiut că testul nu apreciază decât forţa musculară şi nu testează anduranţa, nici coordonarea, nici performanţa capacităţii globale musculare. De asemenea, testul nu este valid nici pentru forţă, la spastici.

Execuţia bilanţului muscular are câteva precauţii deosebite şi contraindicaţii cum ar fi:

- dislocările articulare
- fracturile recente
- stări postoperatorii (locale)
- miozitele osifiante
- procese infecţioase şi inflamatorii locale
- durerile intense
- operaţiile pe abdomen (pentru musculatura abdominală)
- boli cardiovasculare severe
- stări de oboseală locală sau generală.

Au fost descrise şi variante ale testingului muscular cum ar fi:

a) Kendall şi Mc Creary ca şi Cole, Furness şi Twomey au introdus *testarea individuală a muşchiului* (atât cât este posibilă) prin poziţionări, stabilizări şi scheme de mişcare caracteristice.

Tehnicile sunt greoaie, dar din metoda autorilor au fost preluate o serie de tehnici pentru anumiţi muşchi şi introduse în „testingul muscular manual". Spre exemplu, separarea acţiunii fesierului mare de ischiogambieri pentru extensia şoldului, a fesierului mijlociu de tensor fascia lata pentru abducţia şoldului etc.

b) *„Testul mişcării funcţionale", „testul muşchiului funcţional", „testul de screening"* sunt teste de evaluare a forţei musculare. Sunt puţin precise şi au doar scopul să realizeze o evaluare generală rapidă asupra forţei musculare şi să determine aria slăbiciunilor musculare unde va trebui insistat cu teste mai precise.

Executarea acestor teste este simplă. Pacientul execută o mişcare până la capăt şi din acest punct examinatorul încearcă să-i readucă segmentul la poziţia zero dar pacientul se opune. De exemplu, flectăm gamba complet, iar

examinatorul încearcă să extindă complet genunchiul contra opoziţiei pacientului. Se realizează deci o contracţie isometrică la nivelul de scurtare maxim al muşchiului.

Alţi autori consideră mai lămuritoare asupra forţei musculare aprecierea contracţiei isometrice făcută la jumătatea unghiului de amplitudine a articulaţiei pe direcţia respectivă („contracţia isometrică la mijlocul mişcării"). Aceasta testează nu numai forţa, ci şi existenţa durerii musculare de contracţie.

c) Forţa musculară poate fi observată şi în cursul executării *activităţilor curente* (ADL = *activity of daily living*), deşi performarea acestora nu este dependentă doar de forţă, ci şi de anduranţă, coordonare, echilibru.

Toate testele de apreciere a forţei descrise până aici au fost teste „manuale", căci rezistenţa era creată de mâna testatorului.

Forţa poate fi testată şi cu ajutorul unor aparate speciale numite „dinamometre". Au fost create o serie de dinamometre adaptate unui singur sau mai multor tipuri de mişcări: pentru prehensiune (cel mai cunoscut), pentru extensorii trunchiului, pentru extensorii gambei, pentru adducţia sau abducţia coapsei, pentru flexia dorsală sau plantară a piciorului etc. Dinamometrele înregistrează valoarea de vârf a forţei grupului muscular respectiv.

Apreciere importantă a forţei musculare (pentru unele grupe musculare) o obţinem prin realizarea unui travaliu muscular (forţă × distanţă) spre exemplu prin ridicarea unei greutăţi maxime (1 RM).

Valoarea reală a forţei unui muşchi de fapt nu o obţinem cu nici unul din testele de mai sus. Nici măcar cu dinamometrele. Evaluările acestea au însă o mare valoare orientativă şi în funcţie de acurateţea testării ne putem apropia mult de valorile relative reale.

Există doar 3 metode de determinare cantitativă a forţei musculare.

1. Măsurarea suprafeţei de secţiune musculară ştiut fiind că un muşchi dezvoltă 3,5-4 kg/cm^2 de secţiune sau 30 N/cm^2. Această valoare de forţă, ubicuitară, este denumită „tensiune specifică" (TS) a muşchiului. Forţa muşchiului fiind TS x n cm^2 ai secţiunii.

Diferenţele între TS la diferiţi indivizi, după sex, vârstă, rasă sunt foarte mici. Ceea ce diferenţiază forţa indivizilor este suprafaţa de secţiune a muşchiului. Tehnicile imagistice moderne (echografia şi rezonanţa magnetică) determină cu precizie suprafaţa de secţiune a muşchilor. Despre aceste aspecte se mai discută şi în alte capitole.

2. Electromiografia măsoară cu precizie doar forţa isometrică prin valoarea peak-ului undei electromiografice.

3. Manometria, metodă relativ precisă care cu ajutorul unei sonde de presiune introdusă în muşchi şi legată la un manometru măsoară tensiunea de contracţie din locul exact al sondei.

6.4.2.2. *Testarea rezistenţei musculare*

Nu vom deschide aici problema evaluării rezistenţei, de altfel o problemă deosebit de simplistă, deoarece toate aspectele legate de rezistenţa musculară sunt consemnate chiar în acest capitol, câteva pagini mai departe (vezi subcapitolul „Rezistenţa musculară").

Atragem aici atenţia doar asupra interpretării corecte a celor 2 tipuri de rezistenţă: *„rezistenţa dinamică"* adică capacitatea de a susţine un efort muscular în timp prin contracţii musculare submaximale repetitive şi *„rezistenţa statică"*, adică capacitatea muşchiului de a susţine o contracţie submaximală unică cât mai mult timp.

6.4.2.3. *Testarea tonusului muscular*

Problemă de o mare importanţă diagnostică şi terapeutică, dar din păcate inexplicabil de neglijată.

S-a mai subliniat în această monografie că activitatea musculară este reprezentată prin componenta *„activităţii voluntare"*, activitate comandată, şi prin componenta *„activităţii tonice"* necomandată, reflexă.

Tonusul muscular este definit ca „rezistenţa muşchiului oferită la întinderea pasivă".

Există un *tonus de repaus* care realizează o uşoară contracţie prin reflexe medulare care activează bucla gama şi motoneuronul alfa tonic şi un *tonus postural şi de atitudine* mult mai important care asigură atât stabilitatea posturilor statice cât şi a posturilor dinamice adică a suitei de posturi obligatorii din timpul oricărei mişcări.

Aceste posturi sunt comandate şi reglate prin sistemul extrapiramidal-cerebel-nucleii de la bază-formaţiunea reticulară → reflexul medular (bucla gama).

Testarea tonusului muscular ne pune în evidenţă normotonia – hipertonia sau hipotonia musculară.

Hipotonia, scăderea până la dispariţia tonusului muscular, apare în leziuni medulare cu interesarea motoneuronilor, în neuropatii periferice, în boli musculare.

Hipertonia se manifestă clinic prin *spasticitate* (supradescărcări pe calea piramidală cu excitabilitate crescută a motoneuronilor alfa) şi prin *rigiditate* (supradescărcări pe calea extrapiramidală cu excitabilitatea motoneuronilor gama crescută).

Testarea tonusului muscular se face prin extensia pasivă rapidă a unui segment ceea ce va duce la alungirea muşchiului cu apariţia reflexului miotatic (stretch reflexul) care se va opune mişcării de alungire creând testatorului o senzaţie de rezistenţă.

Atragem atenţia că nu se poate testa tonusul muscular pe un sector de mişcare articulară dureros căci imediat va apărea contracţia musculară de apărare care nu are nici o legătură cu vreun tonus crescut.

Testarea manuală a tonusului cere o bună experienţă din partea testatorului. Aprecierea se va face numai pe baza acestui test (testul de întindere musculară), ci şi prin inspecţia reliefului muscular, palparea muşchiului, hiperreflectivitatea sau hiporeflectivitatea tendinoasă. Instrumental, tonometrele

ar putea aduce precizări (deşi mulţi spun că n-au nici o valoare). EMG-ul este testul cel mai valoros.

Severitatea hipertoniei clasice este apreciată pe baza scalei Ashworth în 5 trepte:

0 = tonus normal;

1 = uşoară hipertonie, se simte o uşoară opunere la întinderea muşchiului;

2 = hipertonie medie, membrul poate fi mişcat încă uşor;

3 = hipertonie moderată, mişcarea pasivă se face cu dificultate;

4 = hipertonie severă, membrul este rigid, nu-l putem mobiliza pasiv.

O problemă de diagnostic rămâne diferenţierea hipertoniei, piramidală sau extrapiramidală, spastică sau rigidă. O serie de date clinice şi de testare, în marea majoritate a cazurilor, pot face precizarea. Astfel:

- Rezistenţa la întindere în spasticitate dă senzaţia de „lamă de briceag", fiind prezentă doar la începutul mişcării apoi dispărând brusc, în timp ce în rigiditate senzaţia este de „roată dinţată", rezistenţa manifestându-se pe toată amplitudinea de mişcare.
- Schimbând poziţia corpului sau membrului, spasticitatea creşte mult, rigiditatea modificându-se puţin.
- Hipertonia din spasticitate o găsim în special pe muşchii antigravitaţionali, în timp ce hipertonia din rigiditatea extrapiramidală este difuză.
- În somn, hipertonia spasticului scade până la dispariţie, în timp ce rigiditatea se modifică puţin.
- Orice excitant extern creşte hipertonia la spastici, o modifică puţin la extrapiramidali.

Testarea tonusului muscular prin întinderea muşchiului testat este bine să se facă din câteva poziţii. Bobath afirmă că astfel vom aprecia mai bine mărimea spasticităţii, dar vom găsi şi acele poziţii cu tonus muscular cel mai puţin crescut, poziţii din care se va lucra cu pacientul în programul de recuperare.

Scara de apreciere a valorilor tonusului muscular este:

- Hipotonie
- Normotonie
- Hipertonie – uşoară
  – moderată
  – severă.

6.5. *REFACEREA FORŢEI MUSCULARE*

Pierderea forţei musculare este unul din importantele deficite funcţionale care fac obiect de bază al recuperării medicale, respectiv al kinetoterapiei.

Din păcate, în multe situaţii, i se acordă mult mai puţină atenţie decât ar trebui, pe primul loc trecând mereu recuperarea amplitudinii de mişcare articulară.

Cauzele scăderii sau pierderii forţei musculare sunt extrem de variate, dar pot fi grupate în:

a) Scăderea utilizării unui grup sau mai multor grupuri musculare, până la blocarea totală a activităţii musculare. În aceste situaţii, muşchii primesc comenzi activatoare normale;

b) Comanda centrală de activare musculară nu mai pleacă în mod normal;

c) Comandă centrală există, dar căile de conducere a acesteia spre muşchi sunt afectate, muşchiul neprimind influxul nervos;

d) Metabolismul local muscular patologic nu mai poate asigura o contracţie musculară normală.

Prima situaţie este cea mai frecventă şi poate fi întâlnită în numeroase boli, dar uneori şi la omul sănătos.

Imobilizarea unui segment de corp determinată de o suferinţă locală (dureri, inflamaţie articulară, traumatisme locale diverse, infecţie etc.) sau imobilizarea la pat pentru boli generale (insuficienţă cardiacă, stări postoperatorii, bronhopneumopatii, anemii, stări caşectice etc.) determină, în funcţie şi de gradul imobilizării scăderea mai mare sau mai mică a forţei musculare locale sau generale.

De asemenea, printr-un sedentarism excesiv, grupe importante musculare pierd din forţă treptat. Tot în această categorie trebuie să includem şi vârstnicii care, prin lipsă de mişcare, instalează decondiţionarea musculară posibilă însă de a fi refăcută.

Al doilea grup de cauze apar în afecţiuni ale SNC cerebral sau medular. Afectarea motorie este aproape regula, afectare ce se manifestă în special prin alterarea coordonării de mişcare, iar paralizia ce se instalează nu este o slăbire a forţei musculare, ci a comenzii voluntare de a executa o mişcare. În final, din lipsă de activitate, se instalează şi o reală slăbiciune musculară. În cazul leziunilor medulare, întreruperea completă atât a comenzilor musculare, cât şi a feedback-ului proprioceptiv determină abolirea oricărei schiţe de contracţie.

În aceste cazuri refacerea forţei musculare (care se va pierde prin neutilizare) se poate pune doar în măsura în care prin evoluţia spontană a bolii s-au reluat circuitele de comandă neuromusculară.

Grupul bolilor care lezează nervul periferic determină scăderi mari până la abolirea oricărei contracţii musculare. Ca şi în bolile neurologice centrale şi în acest grup de boli refacerea spontană a nervului (sau chirurgicală) creează premisele pentru refacerea prin exerciţii a forţei musculare.

În sfârşit, ultimul grupaj în care intră miopatiile (grup de boli extrem de eterogen ca etiologie, substrat patomorfic, tablou clinic) prezintă scăderi de forţă musculară de obicei importante.

Este un grup mult controversat asupra indicaţiei exerciţiilor de creştere a forţei şi rezistenţei musculare. În prezent, se acceptă necesitatea acestor exerciţii, dar după o conduită particulară căci efortul muscular în aceste cazuri poate agrava serios boala.

6.5.1. *Substratul creşterii forţei musculare*

S-a discutat pe larg că forţa musculară de contracţie are ca substrat morfologic numărul de punţi transversale de legătură între actină şi miozină. Forţa musculară nu este o funcţie a tipului de fibră musculară decât indirect în sensul că unele fibre au diametre mai largi, având mai multe miofibrile şi deci mai multe punţi transversale.

Indiferent de tipul fibrei, există un moment în care numărul de punţi actino-miozinice este maxim şi aceasta se petrece când fibra musculară se află aproximativ la lungimea ei de repaus. Numărul de punţi, şi deci şi forţa, scade atât când fibra se scurtează cât şi atunci când se alungeşte. În figura 6.20. maximum de punţi există în poziţiile 2 şi 3, iar în poziţia 1 şi 5 nu se mai formează punţi, forţa fiind zero.

Când fibra este alungită, există mai puţine contacte de punţi. Când este scurtată, fibrele de actină se suprapun unele peste altele, blocând astfel locurile pentru punţi.

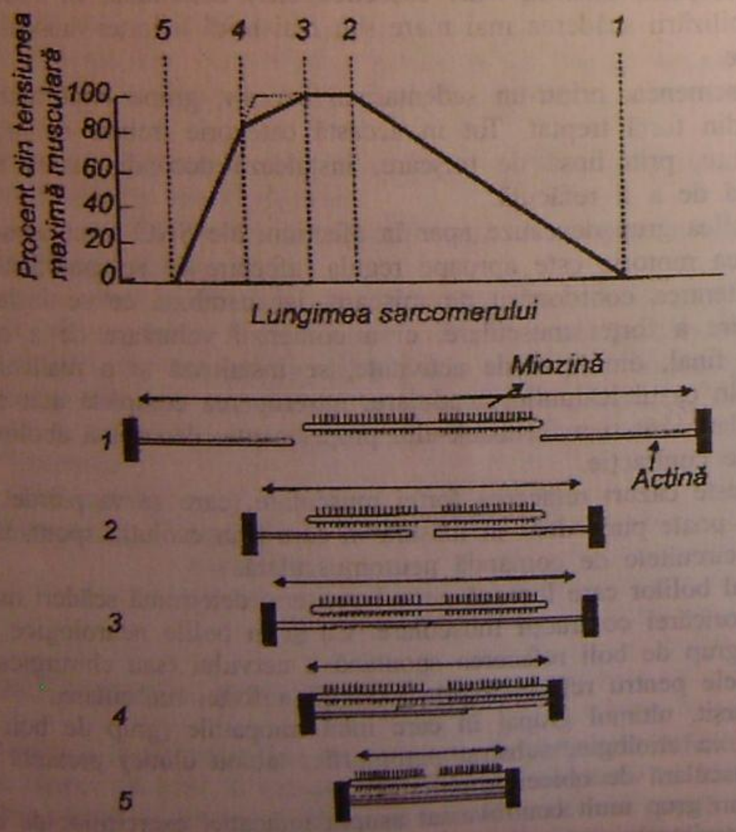


Fig. 6.20. – Raportul între tensiunea musculară, lungimea sarcomerului şi interacţiunea actină-miozină (după R. L. Joynt).

Facem totuşi o precizare în ceea ce priveşte forţa musculară când muşchiul este alungit. În această situaţie, deşi numărul de punţi transversale este mai mic decât la nivelul lungimii de repaus, totuşi forţa netă musculară este mai mare deoarece se adaugă şi componenta forţei elastice a muşchiului întins.

S-a mai discutat ceva mai înainte despre rolul arhitecturii musculare (adică a poziţiei fibrelor musculare) în determinarea forţei musculare, dar acest aspect nu este un fenomen aleator care ar putea fi influenţat pentru creşterea forţei musculare.

La începutul acestui capitol s-a insistat în amănunt asupra factorului neural şi a celui muscular în determinarea forţei musculare. Practic în cazul antrenării forţei unui muşchi (mai ales slăbit în mod patologic) ne punem speranţele de a creşte repede forţa musculară prin intervenţia factorului neural într-o perioadă relativ scurtă. Este vorba de a realiza o sumaţie spaţială şi una temporală a unităţilor motorii, ultima determinând şi creşterea sincronizării.

După cum se arăta, tensiunea musculară este în funcţie de numărul de UM activate (ca şi de tipul lor), de ritmul şi sincronizarea activărilor (influxului nervos) a UM.

Factorul neural se dezvoltă prin antrenament adică prin repetabilitatea unui exerciţiu care va duce la crearea unor comenzi mai ample şi stabile asupra grupului muscular antrenat. Antrenament al factorului neural nu înseamnă doar exerciţii de contracţie musculară, ci şi simpla concentrare mintală cu imaginarea contracţiei musculare. Iată rezultatul unui studiu în această direcţie (G. Yue, K.J. Cole, 1992). Antrenarea izometrică a abductorului degetului V de la mână timp de 4 săptămâni. Un al doilea grup antrenarea imaginativă a abducţiei degetului V tot 4 săptămâni. Rezultat: la primul grup a crescut forţa de abducţie cu 30%, iar la al doilea grup cu 22%!!!

Tot prin factor neural se explică şi creşterea de forţă la grupul muscular contralateral după antrenarea muşchilor simetrici homolaterali (D.J. Housh, T.J. Houst, 1993).

Factorul neural creşte forţa de contracţie musculară independent de vreo modificare a suprafeţei de secţiune a muşchiului respectiv.

S-a mai discutat asupra relaţiei directe între suprafaţa de secţiune (în cm^2) a muşchiului şi mărimea forţei musculare. Creşterea forţei prin acest mecanism cere timp. Hipertrofia muşchiului nu se face decât în anumite condiţii. Principala condiţie este ca exerciţiul ce realizează contracţia musculară să se facă la o intensitate anumită. Studiile arată că intensitatea de contracţie trebuie să depăşească 35% din valoarea forţei maxime pe care ar putea-o dezvolta muşchiul în acel moment. De obicei, însă, se lucrează la valori de 60-70% din forţa maximă. În acelaşi timp, durata exerciţiului trebuie şi ea să fie optimă.

INTENSITATEA exerciţiului şi DURATA lui sunt cei 2 parametri de care depinde realizarea creşterii mărimii fibrei musculare, a hipertrofiei muşchiului şi, în consecinţă, a forţei musculare.

Hipertrofia fibrei musculare înseamnă mărirea diametrului acesteia, şi, în final, a întregului muşchi. Ea se realizează prin creşterea sintezei de ARN

şi ADN (mai ales) muscular, a proteinelor contractile şi elementelor sarcoplasmatice.

Local, adică în muşchiul antrenat, s-a constatat creşterea „factorului 1 de creştere insulin-like" (IGP-1) cunoscut ca având efecte anabolice intense asupra celulelor musculare determinând în celulele din jur o producţie crescută de ADN muscular care va induce hipertrofia.

Excitantul biologic pentru acest proces anabolic este reprezentat de efortul muscular intens (contracţie) care induce ischemie musculară şi oboseală musculară care vor modifica starea coloidală a proteinelor musculare, ceea ce constituie un adevărat „stress metabolic", factor de accelerare a sintezei proteice în faza de „supracompensare" post efort când se reface şi circulaţia cu aport de O_2.

Odată cu hipertrofia muşchiului sub influenţa exerciţiului rezistiv, se produce şi creşterea densităţii capilarelor care este proporţională cu creşterea fibrei musculare (W. Byrnes, G. Mc. Coll etc.).

Susţinută şi printr-o alimentaţie bogat proteică ca şi de medicaţie anabolică, hipertrofia musculară se realizează într-o perioadă mai scurtă.

Creşterea forţei musculare prin creşterea suprafeţei de secţiune musculară se produce în săptămâni de zile de exerciţii cu intensitate cât mai apropiată de maximă.

Deşi s-a mai subliniat şi în alte capitole, reamintim că un muşchi hipertrofic îşi păstrează acelaşi număr de fibre care însă se măresc ca volum. Cu toate că această afirmaţie este considerată în fiziologia muşchiului ca de necontestat, totuşi studii recente constată că acesta nu este un adevăr chiar aşa de categoric cel puţin printre speciile de animale. Astfel G. Kelley (1996) demonstrează la păsări o creştere cu 20,7% a numărului de fibre musculare, iar la unele mamifere cu aproape 8% după exerciţii cu încărcare musculară.

Să mai reamintim cele discutate mai înainte cu privire la raportul între forţă şi lungimea muşchiului ca şi relaţia forţă/velocitate.

Dar deoarece în kinetoterapie (ca de altfel şi în activitatea obişnuită umană), forţa este legată de mişcarea segmentului, trebuie de asemenea reamintită variaţia forţei în funcţie de unghiul realizat între cele 2 segmente, problemă care ne readuce noţiunea de torque, adică braţul momentului ce defineşte produsul între forţă şi distanţa perpendiculară de la vectorul forţei pe axul de mişcare al segmentului.

Practica arată că valoarea maximă a forţei (torque-ului) unui grup muscular se află la un anumit unghi al mişcării segmentului care, în general, este la nivelul lungimii de repaus al muşchiului. Deseori acest unghi se abate de la regulă fiind caracteristic pentru grupul respectiv muscular. Spre exemplu, bicepsul dezvoltă torque-ul cel mai mare la unghiul de 90° al cotului.

*
* *

Antrenarea forţei musculare se bazează pe aspectele teoretice rezumate mai sus, adică pe elementele substratului care determină nivelul forţei musculare.

Metodele şi tehnicile utilizate de kinetoterapie pentru creşterea forţei musculare, care vor fi discutate în subcapitolul următor, reprezintă o aplicare practică a acestor aspecte fiziologice.

6.5.2. *Exerciţiul rezistiv (ER)*

ER este o formă a exerciţiului activ în care o contracţie musculară dinamică sau statică trebuie să „lupte" cu o forţă externă care i se opune.

Un muşchi nu poate să-şi crească performanţa dacă nu este antrenat prin ER.

Forţa externă care creează rezistenţa poate fi manuală sau mecanică.

A. **Rezistenţa manuală** pe care o aplică kinetoterapeutul sau orice altă persoană, inclusiv bolnavul, are o serie de avantaje:

- Utilă mai ales în primele etape ale creşterii forţei musculare când musculatura este foarte slabă;
- Indicată când amplitudinea de mişcare trebuie atent controlată pentru a nu crea lezări articulare sau ale ţesutului moale;
- Realizează acel contact atât de necesar între kinetoterapeut şi pacient pentru creşterea încrederii şi a complianţei acestuia.

Există şi dezavantaje:

- Blochează persoane şi mai ales specialişti, diminuându-le randamentul profesional;
- Rezistenţa aplicată este limitată de forţa kinetoterapeutului şi a gradului de oboseală a acestuia;
- Creează dependenţă a pacientului de o altă persoană într-o situaţie care se poate prelungi săptămâni şi luni, pacientul devenind incapabil de antrenare.

B. **Rezistenţa mecanică** asigură rezistenţa pentru exerciţiu prin utilizarea unor echipamente variate mergând de la simplele greutăţi până la aparate mecanice. Aceste echipamente permit aprecierea valorii rezistenţei aplicate permiţând deci progresia gradată şi calculată a rezistenţei.

Se pot aplica orice valori ale rezistenţei. Utilizarea exerciţiului cu rezistenţă mecanică este agreată de bolnavi, oferindu-le o variaţie şi concentrându-le mai bine atenţia.

Scopul exerciţiilor este de a creşte forţa, rezistenţa şi puterea musculară. Pentru aceasta, există o metodologie precisă prin intermediul căreia se realizează acest scop.

Există 3 tipuri de exerciţii care, utilizând rezistenţa la contracţie, determină creşterea performanţei musculare. Acestea sunt isometria, isotonia, isokinesia despre care se va discuta ceva mai departe.

şi ADN (mai ales) muscular, a proteinelor contractile şi elementelor sarcoplasmatice.

Local, adică în muşchiul antrenat, s-a constatat creşterea „factorului 1 de creştere insulin-like" (IGP-1) cunoscut ca având efecte anabolice intense asupra celulelor musculare determinând în celulele din jur o producţie crescută de ADN muscular care va induce hipertrofia.

Excitantul biologic pentru acest proces anabolic este reprezentat de efortul muscular intens (contracţie) care induce ischemie musculară şi oboseală musculară care vor modifica starea coloidală a proteinelor musculare, ceea ce constituie un adevărat „stress metabolic", factor de accelerare a sintezei proteice în faza de „supracompensare" post efort când se reface şi circulaţia cu aport de O_2.

Odată cu hipertrofia muşchiului sub influenţa exerciţiului rezistiv, se produce şi creşterea densităţii capilarelor care este proporţională cu creşterea fibrei musculare (W. Byrnes, G. Mc. Coll etc.).

Susţinută şi printr-o alimentaţie bogat proteică ca şi de medicaţie anabolică, hipertrofia musculară se realizează într-o perioadă mai scurtă.

Creşterea forţei musculare prin creşterea suprafeţei de secţiune musculară se produce în săptămâni de zile de exerciţii cu intensitate cât mai apropiată de maximă.

Deşi s-a mai subliniat şi în alte capitole, reamintim că un muşchi hipertrofic îşi păstrează acelaşi număr de fibre care însă se măresc ca volum. Cu toate că această afirmaţie este considerată în fiziologia muşchiului ca de necontestat, totuşi studii recente constată că acesta nu este un adevăr chiar aşa de categoric cel puţin printre speciile de animale. Astfel G. Kelley (1996) demonstrează la păsări o creştere cu 20,7% a numărului de fibre musculare, iar la unele mamifere cu aproape 8% după exerciţii cu încărcare musculară.

Să mai reamintim cele discutate mai înainte cu privire la raportul între forţă şi lungimea muşchiului ca şi relaţia forţă/velocitate.

Dar deoarece în kinetoterapie (ca de altfel şi în activitatea obişnuită umană), forţa este legată de mişcarea segmentului, trebuie de asemenea reamintită variaţia forţei în funcţie de unghiul realizat între cele 2 segmente, problemă care ne readuce noţiunea de torque, adică braţul momentului ce defineşte produsul între forţă şi distanţa perpendiculară de la vectorul forţei pe axul de mişcare al segmentului.

Practica arată că valoarea maximă a forţei (torque-ului) unui grup muscular se află la un anumit unghi al mişcării segmentului care, în general, este la nivelul lungimii de repaus al muşchiului. Deseori acest unghi se abate de la regulă fiind caracteristic pentru grupul respectiv muscular. Spre exemplu, bicepsul dezvoltă torque-ul cel mai mare la unghiul de 90° al cotului.

*
* *

Antrenarea forţei musculare se bazează pe aspectele teoretice rezumate mai sus, adică pe elementele substratului care determină nivelul forţei musculare.

Metodele şi tehnicile utilizate de kinetoterapie pentru creşterea forţei musculare, care vor fi discutate în subcapitolul următor, reprezintă o aplicare practică a acestor aspecte fiziologice.

6.5.2. *Exerciţiul rezistiv (ER)*

ER este o formă a exerciţiului activ în care o contracţie musculară dinamică sau statică trebuie să „lupte" cu o forţă externă care i se opune.

Un muşchi nu poate să-şi crească performanţa dacă nu este antrenat prin ER.

Forţa externă care creează rezistenţa poate fi manuală sau mecanică.

A. **Rezistenţa manuală** pe care o aplică kinetoterapeutul sau orice altă persoană, inclusiv bolnavul, are o serie de avantaje:

- Utilă mai ales în primele etape ale creşterii forţei musculare când musculatura este foarte slabă;
- Indicată când amplitudinea de mişcare trebuie atent controlată pentru a nu crea lezări articulare sau ale ţesutului moale;
- Realizează acel contact atât de necesar între kinetoterapeut şi pacient pentru creşterea încrederii şi a complianţei acestuia.

Există şi dezavantaje:

- Blochează persoane şi mai ales specialişti, diminuându-le randamentul profesional;
- Rezistenţa aplicată este limitată de forţa kinetoterapeutului şi a gradului de oboseală a acestuia;
- Creează dependenţă a pacientului de o altă persoană într-o situaţie care se poate prelungi săptămâni şi luni, pacientul devenind incapabil de antrenare.

B. **Rezistenţa mecanică** asigură rezistenţa pentru exerciţiu prin utilizarea unor echipamente variate mergând de la simplele greutăţi până la aparate mecanice. Aceste echipamente permit aprecierea valorii rezistenţei aplicate permiţând deci progresia gradată şi calculată a rezistenţei.

Se pot aplica orice valori ale rezistenţei. Utilizarea exerciţiului cu rezistenţă mecanică este agreată de bolnavi, oferindu-le o variaţie şi concentrându-le mai bine atenţia.

Scopul exerciţiilor este de a creşte forţa, rezistenţa şi puterea musculară. Pentru aceasta, există o metodologie precisă prin intermediul căreia se realizează acest scop.

Există 3 tipuri de exerciţii care, utilizând rezistenţa la contracţie, determină creşterea performanţei musculare. Acestea sunt isometria, isotonia, isokinesia despre care se va discuta ceva mai departe.

6.5.2.1. *Precauţii şi contraindicaţii pentru exerciţiile cu rezistenţă*

Este necesar de a fi cunoscute pentru a evita unele neplăceri care pot apărea în timpul sau imediat după executarea exerciţiilor cu rezistenţă.

Contraindicaţii propriu-zise nu ar fi decât două, şi anume:

– inflamaţia articulară sau/şi musculară, deoarece aceste exerciţii pot agrava tumefierea şi produce chiar leziuni ale ţesutului articular sau periarticular;

– durerea intensă articulară sau/şi musculară în timpul exerciţiului, sau pentru mai mult de 24 de ore după exerciţiu, necesită fie oprirea, fie reducerea intensităţii exerciţiilor.

Există însă o serie de precauţii care trebuie luate pentru a nu apărea incidente de multe ori deosebit de neplăcute ca urmare a exerciţiilor rezistive, mai ales când rezistenţa a ajuns la valori mai importante.

Principalele precauţii se referă la:

A. **Aparatul cardiovascular.** S-a considerat nemeritat că afecţiuni ale acestuia ar reprezenta o contraindicaţie pentru exerciţii cu rezistenţă. De fapt, pericolul cardiovascular nu este determinat direct de aceste exerciţii, ci de fenomenul Valsalva care le însoţeşte şi bolnavul nu este instruit în acest sens. Pericolul Valsalva apare mai ales în contracţia isometrică sau exerciţiile cu rezistenţă mare.

De altfel în orice efort de ridicare, împingere, tracţiune etc. de obicei toţi îl facem cu blocarea respiraţiei în inspir prin închiderea glotei. Rezultatul este contracţia peretelui abdominal cu creşterea presiunii intraabdominale şi intratoracice cu scăderea reîntoarcerii venoase, scăderea debitului cardiac, o scădere bruscă a tensiunii arteriale, creşterea ritmului cardiac compensator.

În momentul când Valsalva încetează, se expiră, brusc se înregistrează o creştere, chiar peste 200 mmHg, a presiunii arteriale datorită reîntoarcerii venoase ample cu creşterea debitului bătaie. Această ascensiune bruscă a tensiunii arteriale poate fi periculoasă.

Pacienţii cu risc prin acest mecanism sunt cei cu istoric cardiovascular (hipertensivi, sechelari după infarct miocardic sau accident vascular cerebral etc.), pacienţii vârstnici, pacienţii după operaţii pe abdomen sau cu hernii abdominale etc.

Concluzia este că pacientul trebuie instruit să evite Valsalva prin executarea efortului în timpul expirului sau prin a cere bolnavului să numere sau să vorbească în timpul exerciţiului rezistiv.

B. **Oboseala.** Este un fenomen complex care afectează performanţa funcţională a sistemului motor, fiind considerată „antiteza rezistenţei sistemului".

Se poate discuta de o oboseală musculară locală şi una generală, a întregului corp.

• *Oboseala locală* se înregistrează în momentul scăderii răspunsului muscular la stimulii repetaţi. Curbele EMG devin tot mai mici ca amplitudine. Orice tip de exerciţiu rezistiv poate conduce la oboseală, dar existând o relaţie directă între mărimea rezistenţei sau/şi durata exerciţiului şi instalarea oboselii.

Clinic, oboseala se manifestă fie prin scăderea promptitudinii de răspuns a muşchiului, fie prin incapacitatea acestuia de a mai asigura o amplitudine de mişcare completă.

Semne conexe sunt senzaţia de disconfort, chiar durere şi eventual spasm muscular.

Muşchiul oboseşte prin scăderea energiei disponibile, a aportului de O_2, a creşterii acidului lactic local cu insuficientă „spălare" a muşchiului prin circulaţia locală.

Muşchiul oboseşte şi prin influenţa protectivă a sistemului nervos care-şi scade stimularea sau prin dificultăţi de trecere a impulsului la nivelul sinapsei neuromusculare (mai ales la nivelul fibrelor cu secusă rapidă).

• *Oboseala musculară generală* se instalează în condiţiile unei activităţi fizice intense sau prelungite, în mers, alergat, muncă etc. La bază stau scăderile nivelului de glucoză, glicogen, ca şi pierderea de potasiu.

Se va mai aborda problema oboselii şi în alte capitole.

Evident că oboseala musculară generală apare într-o serie de afecţiuni: cardiovasculare, respiratorii, neurologice etc. Alcătuirea de programe de exerciţii cu rezistenţă la aceşti bolnavi trebuie foarte bine dozate şi mai ales urmărite în timpul execuţiei.

În cazul apariţiei oboselii, este necesară introducerea unei pauze pentru refacerea rezervelor energetice şi spălarea acidului lactic acumulat (acest proces durează cca 1 oră). Glicogenul se reface în câteva zile.

S-a constatat că dacă în perioada de refacere după oboseală, se execută un foarte uşor exerciţiu şi nu se intră într-un repaus complet, refacerea va fi mai repede şi mai bună.

C. **Mişcările substituite.** Pot apărea în cazul în care rezistenţa este mult prea mare pentru valoarea de performanţă a muşchiului. Astfel, dacă un muşchi este paretic, obosit sau dureros sau chiar sănătos, dar supraîncărcat, nu va putea executa mişcarea comandată care însă este posibil să fie realizată, dar prin intervenţia altor muşchi.

Astfel, lipsa posibilităţii de abducţie a braţului este substituită de ridicarea umărului şi scapulei cu aplecarea trunchiului heterolateral.

Astfel de mişcări se mai numesc „mişcări trucate".

Aceste mişcări trebuie evitate deoarece duc în eroare, neputând aprecia adevărata ameliorare a muşchiului antrenat. Este adevărat că, în cazul paraliziilor, aceste mişcări trucate pot fi mişcări compensatorii.

D. **Supraantrenamentul (overwork).** Reprezintă un pericol care pândeşte orice pacient supus unui program de exerciţii rezistive. Acelaşi pericol există şi în antrenamentul „prea conştiincios" al unui sportiv.

Supraantrenamentul determină o temporară sau permanentă scădere de forţă (performanţă) musculară. Aceasta dovedeşte că nu este întotdeauna adevărată aserţiunea: dacă un mic exerciţiu este bun, unul mai mare este mai bun".

Oboseala şi supraantrenamentul nu sunt termeni sinonimi, ba chiar se poate afirma că se exclud, căci instalarea oboselii cu senzaţia ei de disconfort exclude posibilitatea continuării cu intensitate a exerciţiului pentru a putea considera că s-a instalat supraantrenamentul.

De fapt, ce stă la baza apariţiei supraantrenamentului nu prea se ştie bine. Observaţia clinică arată că acest fenomen apare predominant în diversele afectări ale neuronului motor periferic. În aceste cazuri, graba de a tonifia musculatura tributară respectivului nerv prin exerciţii rezistive va avea rezultate contrare.

Explicaţia ar fi în distrugerea unor proteine musculare din muşchiul denervat.

Desigur supraantrenamentul poate apărea şi pe muşchiul sănătos.

Evitarea acestui fenomen este relativ simplă. Pe de o parte gradând bine în timp creşterea rezistenţei şi, pe de altă parte, monitorizând valoarea forţei musculare, având grijă să înregistrăm mereu ameliorarea ei (chiar mică). Orice scădere de forţă instalată în timpul programului kinetic, fără o explicaţie clară poate fi dovada de început a supraantrenamentului.

E. **Osteoporoza.** Demineralizarea osului (indiferent de cauză) ridică pentru kinetoterapeut precauţii suplimentare deoarece exerciţiile cu rezistenţă pot determina o fractură patologică.

F. **Apariţia durerilor.** Exerciţiul intens care a dus la oboseală poate declanşa şi dureri date de acumularea metaboliţilor acizi, ischemiei, lipsei de O_2. Durerea dispare după oprirea exerciţiului.

Există o durere care apare întârziat, la 1-2 zile de la exerciţiu. Această durere poate persista câteva zile.

Cauza durerii întârziate a fost mult discutată:

- Acumularea metaboliţilor acizi (nu poate fi reală, căci aceştia dispar cam după 1 oră).
- Teoria lui de Vries (1961) a cercului vicios: ischemia din timpul exerciţiului – spasm muscular-durere-spasm muscular-durere etc. (o adaptare a „cercului vicios" al lui Travell: durere-contractură (spasm) – durere).

Fenomenul nu a putut fi reprodus.

- Ruperea microscopică a unor fibre musculare cu necrozarea lor prin efortul intens rezistiv.
- Nu ţesutul muscular ar fi lezat, ci fibrele conjunctive s-ar rupe dând durerile.
- Se pare că cel mai corect este prezenţa ultimelor două posibilităţi.

Exerciţiile excentrice determină cel mai frecvent durerile întârziate. Aceste dureri pot fi evitate prin pregătirea muşchiului (încălzire, întindere) şi o bună progresivitate în mărimea rezistenţei.

Despre problemele referitoare la oboseală, durere musculară etc. determinate de antrenamentul muscular se va vorbi mai pe larg în ultimul capitol („Adaptări acute şi cronice ale sistemului motor").

6.5.3. *Metode şi tehnici de creştere a forţei musculare*

După cum s-a mai afirmat, forţa musculară se exprimă prin contracţia muşchiului. Când forţa musculară scade se înregistrează o scădere a capacităţii de contracţie a muşchiului după cum forţa nu va putea creşte fără să crească tensiunea musculară realizată prin contracţia muşchiului.

Performanţa muşchiului se apreciază prin tipul contracţiei musculare, necesitată de o rezistenţă opusă existând sub acest raport 3 tipuri de contracţii musculare: isometrică, isotonică şi isokinetică.

Davies, în 1984, defineşte succint aceste 3 tipuri astfel:

– Isometrică: velocitatea fixă (0°/sec); nemişcare; rezistenţă fixă;

– Isotonă: velocitate variabilă (aproximativ 60°/sec); rezistenţă fixă;

– Isokinetică: velocitate fixă (1°/sec-300°/sec-velocitate dinamică); rezistenţă acomodabilă.

Indiferent de tipul de contracţie, pentru a creşte forţa aşa cum s-a arătat ceva mai înainte, trebuie ca această contracţie să se realizeze printr-un „exerciţiu rezistiv".

Să analizăm pe rând aceste 3 tipuri de contracţii:

6.5.3.1. *Contracţia isometrică*

În contracţia isometrică, tensiunea internă creşte fără modificarea lungimii fibrei musculare.

Studiind substratul fiziologic al isometriei, E. A. Müller şi T. Hettinger au constatat că în timpul contracţiei isometrice circulaţia musculară este suspendată, muşchiul „intră în datorie" de O_2, cataboliţii se acumulează. Aceste fenomene sunt proporţionale cu tensiunea dezvoltată de muşchi, mărimea lor (deci şi a tensiunii) fiind în directă relaţie cu efectul de creştere a forţei şi de hipertrofie a muşchiului.

a) Pentru a obţine efectele scontate, contracţia isometrică trebuie să realizeze un minimum de 35% din **tensiunea** maximă musculară, dar de-abia la 2/3 de forţă realizată putem înregistra hipertrofia musculară. Isometria cu o forţă care reprezintă între 20 şi 35% din forţa maximă reuşeşte să menţină forţa musculară existentă. Dacă în timpul zilei grupele musculare nu realizează aceste valori tensionate (peste 20% din tensiunea maximă), asistăm la pierderi treptate de forţă şi volum muscular.

Contracţia isometrică, cu tensiune de aproximativ 2/3 din forţa maximă, provocând deficitul de O_2 şi acumularea de cataboliţi, declanşează la oprirea ei fenomenul de rebound, cu creştere circulatorie (peste 40% din cea de repaus), stimularea metabolică a celulei musculare, cu creşterea sintezei proteice (H. McCloy), a sintezei intranucleare de ARN şi ADN, ceea ce va determina hipertrofia musculară (Goldberg, Jablecki, Etlinger). Deci, părerile mai vechi că isometria nu hipertrofiază muşchiul sunt inexacte (Hellebrand, Knapp).

b) Alături de valoarea tensiunii care trebuie dezvoltată prin contracţie, isometria ridică şi o a doua problemă de importanţă decisivă: **durata** unei contracţii isometrice. Unii autori o numesc „timpul de utilizare a muşchiului", reprezentând durata menţinerii unei tensiuni maxime (posibile) în fibrele

musculare (W. T. Liberson, M. Dandey). Acest „timp" este egal cu durata contracţiei, sau aproape, şi se apreciază în secunde. Durata unei contracţii isometrice nu poate depăşi 12 secunde nici la sportivul antrenat, căci apar o serie de perturbări (a se vedea mai departe). De obicei, pentru bolnavi se utilizează durate de 3-5-6 secunde pentru o contracţie. Ritmul de execuţie al acestor contracţii în vederea creşterii forţei şi hipertrofiei musculare este încă discutat.

S-au făcut o serie de studii care au dovedit eficacitatea unei singure contracţii isometrice pe o durată de 6 s/zi, contracţie executată la tensiune mare (Hettinger, Müller, Rose).

Acest „*e*xerciţiu *u*nic *s*curt *i*sometric *z*ilnic" (EUSIZ) trebuie să depăşească acel „prag" necesar apariţiei „factorului intrinsec", care stă la baza creşterii performanţei. Deci, în timpul EUSIZ muşchiul trebuie să atingă 60-70% din forţa maximă a lui, lucru nu întotdeauna uşor de realizat pe pacienţi. Durate mai lungi de 6 secunde nu sunt necesare, deoarece nu aduc creşteri în plus ale forţei musculare, putând induce în schimb perturbări cardiocirculatorii generale.

Pentru comparaţie cu tehnica EUSIZ, s-a utilizat tehnica „*e*xerciţiilor *r*epetitive *s*curte *i*sometrice *z*ilnice" (ERSIZ), constând din repetarea de 20 de ori a unor scurte contracţii isometrice (3-6 sec) în cadrul aceleiaşi şedinţe. Între aceste contracţii se face o pauză de 20 s. Rezultatele obţinute prin ERSIZ sunt net superioare EUSIZ probabil datorită faptului că repetiţia ar fi un factor care sigur va face să se atingă „pragul" declanşator al lanţului de reacţii metabolice necesare hipertrofiei şi creşterii forţei musculare (W. T. Liverson), ameliorând probabil şi „factorul neural".

Noi utilizăm grupaje de 3 contracţii isometrice de 6 sec cu pauză între contracţii de 20-30 sec. Acest grupaj se repetă de câteva ori pe zi.

În toate cazurile de isometrie rezistenţa care blochează orice mişcare a segmentului este realizată de kinetoterapeut, de un obiect fix (zid, podea, mobilă, tocul uşii etc.) sau cu membrul opus.

c) **Lungimea muşchiului** la care se execută isometria are o deosebită importanţă. Se ştie că la lungime maximă muşchiul poate dezvolta tensiuni maxime. Se mai ştie că în timpul unei contracţii „maxime" la o anumită poziţie a segmentelor (sau lungime musculară) nu toate fibrele musculare sunt active sau se contractă la aceeaşi tensiune.

Un exemplu practic: dacă antrenăm isometric forţa muşchiului cvadriceps la un unghi de 25° flexie şi realizăm prin exerciţiu isometric o valoare de 80% din forţa limită a lui, retestând forţa la un unghi de 60° (la care nu am antrenat forţa musculară prin isometrie) vom găsi o forţă mai mică (să zicem de 35-45% din forţa limită).

Ceva mai mult: dacă într-un lot se antrenează isometric un muşchi în 3 poziţii, la 3 niveluri de lungime a fibrei musculare (scurtă-medie-lungă) şi se păstrează mereu aceeaşi ordine la antrenament, se va constata că forţa în poziţia primă (scurtă) este mai mare de 3-4 ori faţă de forţa în celelalte poziţii (Rohmert şi Müller). Dacă la alt lot inversăm schema (lungă-medie-scurtă), tot prima poziţie (lungă) va fi mai puternică. Explicaţia rezidă în modalitatea în care se realizează „factorul neuronal" de coordonare pentru primul tip de exerciţiu.

Dacă s-ar compara însă această valoare la cele două loturi, se constată că în poziţia „lungă" a muşchiului isometria dă rezultatele cele mai bune.

Contracţia isometrică necesită un înalt grad de concentrare voliţională, o comandă coordonată, pentru a se realiza o recrutare şi sincronizare maxime de unităţi motorii. S-a demonstrat pe această linie că motivaţia pozitivă în efectuarea exerciţiului creşte mult capacitatea de realizare a unei tensiuni musculare cât mai mari. Au fost înregistrate creşteri chiar cu 30-40% ale forţei după exerciţii cu motivaţie puternică.

Există o formă de contracţie isometrică care se execută de fapt fără rezistenţă. Sunt exerciţii des utilizate pentru a menţine mobilitatea între fibrele musculare, pentru scăderea spasmului şi durerii musculare, pentru a preîntâmpina instalarea hipotrofiei musculare.

Asupra creşterii forţei musculare are un efect mai redus.

Acest gen de isometrie este denumită în literatura anglo-saxonă *„muscle setting exercises"*, neavând corespondent în nomenclatura românească.

Cel mai frecvent, această tehnică se foloseşte pentru cvadriceps şi fesier mare, fiind performată prin contracţie musculară statică fără rezistenţă exterioară.

Practica a dovedit că utilizarea exclusivă a contracţiei isometrice pentru creşterea forţei musculare are unele avantaje, dar şi unele dezavantaje.

*Ca **avantaje**,* notăm:

- Eficienţă bună în obţinerea creşterii forţei şi corectării hipotrofiei musculare. Evită atrofia musculară;
- Reduce edemul acţionând ca o pompă;
- Tehnică simplă, care nu necesită aparatură specială, putându-se efectua oriunde. Este ieftină;
- Necesită durate scurte de antrenament;
- Nu solicită articulaţia;
- Este mai puţin obositoare;
- Menţine asocierea neurală;
- Contracţia isometrică reprezintă cea mai avantajoasă metodă de apreciere a forţei musculare, a evoluţiei acesteia, prin amplitudinea traseului EMG.

Dezavantajele mai importante ar fi:

- Măreşte munca ventriculului stâng, creşte frecvenţa cardiacă şi tensiunea arterială (mai ales cea diastolică), creşte perioada de preejecţie, ca şi timpul contracţiei isovolemice finale (la bătrâni mai ales) (Kino, Nasaya, Lance).

În cazul executării exerciţiului cu respiraţia blocată (fenomenul Valsalva) şi pe o perioadă mai lungă (8-12 s), cu pauze prea scurte între exerciţii, apar semnele cunoscute din fenomenul Valsalva (datorită creşterii presiunii intratoracice şi a presiunii intracraniene). Efecte dramatice cardiovasculare pot fi declanşate de exerciţiile isometrice la pacienţi în recuperare după infarct miocardic.

Toate aceste neajunsuri apar în cazul exerciţiilor isometrice prelungite. În tehnica EUSIZ şi nici chiar în ERSIZ nu au fost înregistrate creşteri semnificative tensionale, chiar când s-a lucrat pe grupe musculare mari (W. Liberson).

- nu ameliorează supleţea articulară a ţesuturilor periarticulare;
- tonifică în special fibrele musculare activate la unghiul articular, la care s-a executat contracţia isometrică;
- antrenează muşchii la o contracţie mai lentă, cu răspuns întârziat la solicitări;
- nu ameliorează deci coordonarea inervaţiei musculare pentru activităţi motorii complexe;
- nu contribuie (decât indirect) la ameliorarea rezistenţei musculare (vezi mai departe);
- nu antrenează contracţia excentrică (vezi mai jos);
- dezvoltă un *feed-back* kinestezic redus;
- este dificil de urmărit cantitativ forţa musculară dezvoltată în timpul exerciţiului, ca şi curba de creştere în timp a acesteia.

Contracţia isometrică executată cu o forţă de aproximativ 50% din forţa maximă asigură o creştere de 3-5% săptămânal a forţei de contracţie. Există variaţii în funcţie şi de grupa musculară antrenată. Astfel, se progresează de câteva ori mai repede în câştigul de forţă pentru tricepsul sural decât pentru muşchii antebraţului sau pentru bicepsul brahial.

În metodologia creşterii forţei musculare, contracţia isometrică nu trebuie utilizată izolat, ci în asociere cu contracţia dinamică, care asigură o mai bună coordonare nervoasă. S-a putut remarca deja în unele tehnici de facilitare combinarea mişcării cu rezistenţa stopată pe parcurs pentru execuţia isometriei.

Oricum, este de recomandat ca exerciţiul isometric să fie precedat de un efort dinamic sau doar de o încălzire musculo-articulară prin mişcări libere sau stretching.

6.5.3.2. *Contracţia isotonă*

Se produce cu modificarea lungimii muşchiului, determinând mişcarea articulară (contracţie dinamică). Pe tot parcursul mişcării, deci al contracţiei musculare isotonice, tensiunea de contracţie rămâne aceeaşi (teoretic).

Este mai corect să denumim contracţia isotonă „contracţie dinamică" deoarece ea nu se menţine uniformă (isotonă) pe tot parcursul mişcării, căci lungimea muşchiului se modifică ca şi braţul momentului, factori care influenţează forţa contracţiei.

Contracţia isotonică simplă, fără încărcare, nu reuşeşte să realizeze creşterea forţei musculare. Această afirmaţie, deşi foarte cunoscută, trebuie interpretată corect, deoarece există situaţii în care această contracţie este generatoare de forţă musculară. Astfel, spre exemplu, un grup muscular de forţă

2 îşi poate creşte forţa prin contracţii isotone în timpul mişcărilor, fără influenţa gravitaţiei sau cu o astfel de influenţă în cazul forţei 2→3. Această contracţie isotonă se realizează însă la nivelul de forţă respectivă ca o contracţie cu contra-rezistenţă (segmentul de membru, respectiv gravitaţia). Prin aceeaşi contracţie isotonă în cadrul aceleiaşi mişcări pentru un grup muscular de forţă 4 sau 5 nu se va reuşi să se obţină nici creşterea forţei, nici hipertrofia musculară.

De asemenea, trebuie corect interpretată şi afirmaţia clasică, cunoscută din fiziologie, că în contracţia isotonă, pe tot parcursul mişcării, tensiunea musculară rămâne neschimbată. În practică se înregistrează modificări de tensiune în funcţie de lungimea muşchiului: pe măsura scurtării lui, forţa scade.

Contracţia isotonică realizată contra unei rezistenţe care nu blochează excursia mişcării poate determina creşterea forţei musculare.

Modificarea lungimii muşchiului se poate face în două sensuri: prin apropierea capetelor sale, deci prin scurtare (contracţie dinamică concentrică), şi prin îndepărtarea capetelor de inserţie, deci prin alungire, datorită unei forţe exterioare care învinge rezistenţa musculară (contracţie musculară excentrică).

Contracţiile dinamice concentrice şi excentrice cu rezistenţă (gravitaţia, greutatea corporală, mâna kinetoterapeutului, greutăţi, arcuri, elastice etc.) determină creşterea forţei musculare dacă raportul dintre capacitatea muşchiului şi valoarea rezistenţei este adecvat.

Mişcarea dinamică (izotonică) cu rezistenţă este cel mai utilizat tip de efort muscular pentru creşterea forţei şi obţinerea hipertrofiei musculare, deşi se recunoaşte valoarea superioară în sine a exerciţiului isometric.

În 1965, aceste trei tipuri de contracţie au fost studiate comparativ de trei grupe de cercetători: Asmussen, Hansen şi Lammar din Copenhaga, Müller, Kogi şi Rohmert din Dortmund şi Singh cu Karpovich din Springfield. Concluziile au fost următoarele:

- Capacitatea de a genera forţă se realizează în ordine prin: contracţie excentrică > contracţie isometrică > contracţie concentrică.
- Raportând efectul la consumul energetic, deci apreciind cele trei tipuri de contracţie după randament, există: randament isometric > randament excentric > randament concentric.
- Sub raportul presiunilor mari determinate în articulaţie, există: contracţie excentrică > contracţie concentrică > contracţie isometrică.

Deşi evident cea mai eficientă pentru câştigul de forţă musculară, contracţia excentrică deseori este evitată deoarece poate aduce degradări serioase citoskeletului muscular când se depăşesc duratele şi tensiunile de contracţie.

Aprecierea comparativă între valoarea exerciţiului isometric şi a celor 2 tipuri de contracţii isotone nu dă câştig de cauză net uneia dintre ele. Spre exemplu: isometria creşte mai mult tensiunea tetanică maximă (20% faţă de 11%), dar exerciţiul isoton dezvoltă mai mult tensiunea de secusă ca şi viteza de scurtare maximă, în timp ce puterea creşte mult după isometrie (51% faţă de 19%) etc.

Toate acestea arată importanţa programelor mixte de antrenare a muşchilor.

O altă dovadă este faptul că deşi exerciţiul excentric determină o forţă mai mare într-un timp mai scurt decât exerciţiul concentric, totuşi forţa utilizabilă pe contracţia concentrică este mai mare dacă executăm exerciţii concentrice decât exerciţii excentrice. Spre exemplu, săritura în sus de pe poziţia cu genunchii flectaţi este mai puternică dacă am antrenat muşchii cvadricepşi prin exerciţiu concentric, nu excentric (I. Amiridis, G. Cometti etc., 1997).

Există şi alte diferenţe între contracţiile statice (isometrice) şi cele dinamice cu rezistenţă. Ultimele determină o mai bună coordonare nervoasă, cu rapiditate de acţiune, cu antrenarea egală a tuturor fibrelor musculare la toate unghiurile de mişcare ale segmentului. Imaginea motorie este păstrată sau recâştigată numai prin contracţia dinamică. În plus, în funcţie de rezistenţa aplicată, se poate realiza o participare mai bogată a grupelor musculare, a fixatorilor şi sinergiştilor, alături de agonişti. Mişcarea trebuie realizată pe toată amplitudinea ei.

Un lucru mult discutat, dar azi concluzionat, este faptul incontestabil că antrenamentul dinamic rezistiv creşte nu numai forţa musculară dinamică, dar şi pe cea isometrică, evident într-o măsură mai mică decât ar face-o antrenamentul specific isometric.

Deşi metodele dinamice cu rezistenţă necesită durate mult mai lungi ale exerciţiilor, se asigură în acest fel nu numai o bună creştere a forţei, ci şi o creştere a rezistenţei musculare, ca şi a puterii, motiv pentru care marea majoritate a kinetoterapeuţilor preferă aceste metode.

Exerciţiile isotone cu rezistenţă au şi o serie de dezavantaje, cum ar fi: solicită articulaţia, pot determina dureri nu numai articulare dar şi musculare prin ischemie, pot declanşa sinovite traumatice, pot prejudicia osul patologic etc.

Trebuie remarcat că durata prelungită a exerciţiilor isotone nu înseamnă o durată similară a tensiunii dezvoltate în muşchi. Antrenarea muşchiului nu se realizează pe toată durata contracţiei, ci doar pe un scurt moment la nivelul muşchiului alungit. Pe măsură ce în mişcare muşchiul se scurtează, tensiunea „cade" sub „pragul" de excitant biologic. Din acest motiv, trebuie să se lucreze multe minute cu repetate contracţii dinamice rezistive pentru a se obţine creşterea forţei, rezistenţei şi hipertrofia musculară.

În metoda dinamică de creştere a forţei, un rol important îl joacă valoarea rezistenţei. Există două variante:

– Rezistenţa maximă, în care greutatea care trebuie ridicată se apropie de limita maximă a excitantului biologic. Un astfel de efort nu se poate repeta decât de 2-3 ori, subiectul fiind într-o stare emoţională favorabilă. În condiţii emoţionale mai slabe, sau într-o oarecare stare de oboseală, nu se poate realiza decât o ridicare. Efortul trebuie făcut pe toată amplitudinea mişcării.

Această metodă, considerată optimă pentru creşterea forţei, este folosită mai ales de către sportivii de performanţă.

– Rezistenţa moderată (35-40% din cea maximă, crescând treptat la 60-70%), dar cu repetări ale efortului, până la oboseala musculară.

S-a mai discutat că, pentru a creşte forţa, trebuie să se realizeze participarea unui număr cât mai mare de unităţi motorii, o frecvenţă a descărcărilor şi o sincronizare ridicată (factorul neural).

O rezistenţă moderată nu va solicita o recrutare prea însemnată de UM. Repetările efortului vor antrena treptat oboseala şi, odată cu aceasta, vor intra în acţiune tot mai multe UM pentru a-i face faţă. Oboseala transformă treptat rezistenţa moderată de la început într-o rezistenţă aproape maximă pentru noua capacitate funcţională a muşchiului. Se înţelege că adevăratul excitant biologic pentru creşterea forţei şi apariţia hipertrofiei este obţinut în ultimele câteva repetări ale efortului, care se execută în stare de oboseală musculară. Această stare de oboseală reprezintă un stress metabolic muscular, care declanşează procesele anabolice musculare ce vor determina creşterea forţei şi hipertrofia musculară.

Metoda dinamică cu rezistenţe moderate asigură sincronizarea treptată a UM şi o perfectă coordonare musculară. Nu determină efectul Valsalva, cu consecinţele lui, şi nici încărcări mari ale aparatului cardiovascular sau respirator.

Deşi durata de lucru este mai mare, metoda aceasta este cea mai utilizată, atât în profilaxie, cât şi în terapie sau în recuperarea medicală. Pe acest tip de exerciţiu, dinamic cu rezistenţă moderată, se bazează variantele metodologice ale aşa-numitelor „exerciţii cu rezistenţă progresivă" pe care le vom expune mai departe.

În cadrul acestei metodologii există mai multe tehnici de exerciţii intrate de mult în practica kinetoterapiei.

A. **Exerciţiul maximal scurt** (EMS). D. L. Rose şi colab., plecând de la contracţia isometrică scurtă, iniţiază EMS, care este un exerciţiu dinamic cu încărcare maximă. Se testează progresiv greutatea maximă care poate fi ridicată şi menţinută 5 secunde. Această greutate este notată 1 RM, adică greutatea maximă care poate fi ridicată o dată (1 repetiţie maximă). Metodologia este aceeaşi ca pentru contracţia isometrică, respectiv o ridicare pe zi sau trei ridicări cu pauze de 1-2 minute între ele.

B. **Exerciţiul maximal cu repetiţie** (EMR). Se urmăreşte prin creşterea progresivă a greutăţilor să se testeze acea greutate care poate fi ridicată de 10 ori (10 repetiţii maxime = 10 RM). După ce testarea a fost făcută şi s-a găsit greutatea (rezistenţa) care permite 10 RM, se vor executa zilnic astfel de exerciţii. La 5-7 zile se retestează noua rezistenţă pentru 10 RM. O variantă a tehnicii este propusă de McQueen, şi anume 4 seturi de 10 RM pe zi, de 3 ori pe săptămână.

C. **Tehnica „fracţionată"** de De Lorme-Watkins. De Lorme şi-a denumit tehnica *„exerciţiu cu rezistenţă progresivă"*, care reprezintă nu numai o metodă, ci şi un „principiu metodologic" pentru creşterea forţei şi rezistenţei musculare.

Tehnica De Lorme este compusă din trei seturi:
- Setul I: – 10 ridicări cu 1/2 10 RM
- Setul al II-lea: – 10 ridicări cu 3/4 10 RM
- Setul al III-lea: – 10 ridicări cu 3/4 10 RM

Între seturi se intercalează o pauză de 2-4 minute.

Cele trei seturi se execută o dată pe zi, de 4 ori pe săptămână. În ziua a 5-a se retestează 10 RM, ca şi 1 RM, apoi în zilele următoare se reîncep cele 3 serii la noile valori ale rezistenţei.

Există multe variante ale acestei scheme. Autori ca McMorris, Elkins, Rudd, McGovern, Luscombe etc. au propus unele modificări ale schemei originale, fie în ceea ce priveşte procentul de 10 RM cu care se lucrează pe diferite serii, fie în ceea ce priveşte numărul de serii pe zi. Ne permitem şi noi să considerăm că rigiditatea schemei De Lorme-Watkins nu-şi are rostul în kinetologie. Trebuie acceptat principiul progresiei rezistenţei, iar modalitatea de realizare trebuie adaptată fiecărui pacient, în funcţie de particularităţile lui.

În ultimul timp, în clinicile de recuperare se utilizează pentru economia de timp o nouă variantă: se realizează zilnic cele 10 RM; dacă peste 1-3 zile pacientul poate să ridice de 15 ori la rând greutatea 10 RM, aceasta se va creşte până la 8-10 RM şi aşa mai departe.

D. **Exerciţiile rezistive regresive** (tehnica Oxford) au fost recomandate iniţial de Zinovieff şi susţinute apoi de McGovern şi Luscombe.

Schema tehnicii Oxford este compusă din patru seturi:
- Setul I 10 ridicări cu 10 RM
- Setul al II-lea 10 ridicări cu 90% 10 RM
- Setul al III-lea 10 ridicări cu 80% 10 RM
- Setul al IV-lea 10 ridicări cu 70% 10 RM

Etc. (până la 10 seturi).

Logica unei astfel de tehnici este că muşchiul oboseşte şi că, în fond, fiecare set reprezintă o performanţă aproape maximă pentru starea fiziologică a muşchiului din momentul respectiv.

Schimbarea mereu a greutăţilor face ca această tehnică să nu fie prea agreată, nici de pacient, nici de kinetoterapeut.

Tehnica Oxford este regresivă în cadrul seriilor zilnice, dar evident şi în acest caz progresia este asigurată prin retestarea 10 RM la 5-7 zile.

E. **Exerciţiile cu 10 rm (repetiţii minime).** În cazul în care muşchiul este prea slab pentru a ridica de 10 ori chiar propria greutate a segmentului, principiul exerciţiului dinamic cu rezistenţă progresivă se poate totuşi aplica. Se testează care este ajutorul (asistarea minimă necesară) pentru a se realiza cele 10 ridicări. De obicei, aceste exerciţii se fac cu ajutorul scripetelui cu contragreutate. Odată fixate 10 rm, se procedează la alcătuirea diverselor scheme de antrenament, ca şi la tehnicile cu 10 RM.

Clasic, schema este:
- Seria I de 10 ridicări cu 2 × 10 rm
- Seria a II-a de 10 ridicări cu 1,5 × 10 rm
- Seria a III-a de 10 ridicări cu 10 rm

F. **Exerciţiile cu rezistenţă progresivă ajustabilă zilnic**

Tehnica ERPAZ (denumită în tratatele de specialitate DAPRE – „*d*aily *a*djustable *p*rogressive *r*esistance *e*xercise", a fost introdusă de Knight fiind mai obiectivă în răspunsul la 2 întrebări:
- când trebuie crescută rezistenţa;
- cu cât trebuie crescută aceasta.

Se determină iniţial „greutatea de lucru" pe care Knight o preferă de 6 RM.

Apoi pacientul performează:
- Set nr. 1 – 10 repetiţii cu 1/2 din greutatea de lucru;
- Set nr. 2 – 6 repetiţii cu 3/4 din greutatea de lucru;
- Set nr. 3 – oricâte repetiţii sunt posibile cu întreaga greutate de lucru.

Acest număr de repetiţii cu greutate de lucru completă reprezintă punctul de plecare pentru ziua următoare.

Se ajustează greutatea în aşa fel încât maximum de repetiţii să fie 5-7 (după alţi autori până la 10). După această testare se reîncep cele 3 seturi etc.

G. **Exerciţiile culturiste** – Aceste exerciţii mai poartă denumirea de „tehnica formării corpului" („body-building") sau a „ridicării greutăţilor".

Tehnica se bazează pe exerciţii analitice executate cu încărcare progresivă, cu un număr de repetări care creşte treptat şi cu viteze de execuţie în raport cu ceilalţi parametri. Metoda culturistă utilizează şi exerciţiile izometrice, şi exerciţiile combinate (dinamice cu rezistenţă, asociate isometriei). Baza însă o reprezintă exerciţiile dinamice cu rezistenţă (haltere, cordoane de cauciuc, arcuri etc.). Aceste greutăţi se clasifică în:
- greutăţi mici (30-50% din greutatea maximă pe care o poate mobiliza o singură dată, pe toată amplitudinea, grupul muscular antrenat – respectiv 1 RM);
- greutăţi mijlocii (50-70% 1 RM);
- greutăţi mari (70-100% 1 RM).

Numărul de repetări într-o repriză depinde de greutate:
- pentru greutăţi mici – peste 15 repetări;
- pentru greutăţi mijlocii – 6-9 repetări;
- pentru greutăţi mari – 1-3 repetări.

Se execută treptat tot mai multe reprize pentru acelaşi grup muscular, cu pauze de 1-3 minute între ele.

Deci „formula" lucrului pentru un grup muscular va fi:

$$\frac{a}{b} \times c$$

în care:
a = greutatea (kg)
b = numărul de repetări
c = numărul reprizelor

Se execută 3-7 antrenamente pe săptămână, cu o durată zilnică de 50-120 minute, pentru toate grupele musculare. Aceşti parametri sunt, bineînţe-

les, pentru persoanele sănătoase. Pentru bolnavi, totul se reduce la nivelul capacităţii funcţionale musculare.

Înainte de a se trece la exerciţiile propriu-zise de efort, se face o scurtă încălzire generală, cu alergare uşoară, mobilizări libere articulare. Între exerciţii se fac respiraţii ample, iar în timpul efortului se va da toată atenţia evitării apneei inspiratorii (efectul Valsalva).

Exerciţiul în sine este compus din mişcarea completă a segmentului încărcat cu o greutate. Pe parcursul mişcării se fac 1-2 opriri de 3-4 secunde, şi la „ducerea" şi la „întoarcerea" mişcării. Viteza de execuţie a mişcării este lentă – parametru important în culturism.

Ordinea de lucru a grupelor musculare este de sus în jos (gât, umeri, spate, piept, braţe, antebraţe, coapsă, gambă, picior).

Metoda culturistă, în totalitate sau chiar componente ale ei, asigură treptat o dezvoltare a forţei, cu hipertrofie musculară.

*
* *

Exerciţiile dinamice cu rezistenţă sunt considerate încă de mulţi cercetători ca fiind cele mai indicate pentru hipertrofia musculară. Isometria este exerciţiul care asigură creşterea cea mai rapidă a forţei, realizând desigur şi o hipertrofie musculară, dar mai redusă, căci se atinge prea repede platoul de forţă.

Exerciţiile dinamice cu rezistenţă, aşa cum s-a mai arătat, cer instalarea oboselii musculare prin efort muscular peste posibilităţile curente din acel moment. Există însă pericolul depăşirii unei limite de suprasolicitare musculară, în care caz se va înregistra, din contră, o scădere a forţei (Bennett, Knowlton). Aceasta se observă mai ales în cazul muşchilor slabi, când încercăm să grăbim tonifierea lor. Din acest motiv, kinetoterapeutul trebuie să urmărească atent, zilnic, semnele oboselii musculare în raport cu curba performanţei musculare. Este recomandabil ca la începutul exerciţiilor de creştere a forţei să se testeze şi forţa grupului muscular simetric, notându-se astfel: drept/stâng = 7 kg/2,5 kg. Această notaţie reprezintă, de fapt, 1 RM sau 10 RM, după dorinţă.

Viteza mişcărilor făcute în cadrul tehnicilor dinamice rezistive are mare importanţă, căci în acest fel se introduce un nou parametru de încărcare musculară, deci de progresie pentru forţa musculară (vezi mai departe).

6.5.3.3. *Rolul vitezei în creşterea forţei musculare*

Între rezistenţa la mişcare şi viteza de mişcare există un raport invers în sensul că pe măsură ce mărim rezistenţa (încărcarea) pe aceeaşi măsură trebuie să scădem viteza de mişcare a segmentului. În absenţa oricărei rezistenţe, dinamica unui segment se poate realiza la viteze maxime. La polul opus, o rezistenţă maximă nu beneficiază decât de o singură mişcare executată la o viteză minimă.

Dar mişcarea contra unei anumite rezistenţe se realizează, după cum s-a văzut, la valoarea unei forţe corespunzătoare. Deci putem să spunem că pentru o rezistenţă dată viteza de mişcare necesită existenţa unei anumite forţe.

Încă cu cca 40 ani în urmă Hellebrandt şi Houtz au dovedit că prin creşterea vitezei de acţiune se poate realiza o creştere a capacităţii de muncă a muşchilor antrenaţi. Ei au realizat acest efect menţinând aceeaşi rezistenţă, dar crescând treptat viteza de execuţie.

De obicei se utilizează un metronom: pe o bătaie se execută mişcarea contra rezistenţei şi pe o altă bătaie revenirea la poziţia iniţială. Apoi treptat se accelerează ritmul metronomului (rezistenţa rămâne aceeaşi). Atenţie, amplitudinea de mişcare trebuie să fie completă sau oricum constantă.

Deşi este dovedit că utilizarea vitezei de execuţie a exerciţiului dinamic este un bun mijloc de creştere a forţei muşchiului totuşi, în mod inexplicabil, această tehnică se aplică foarte puţin. Dar, în metodologia culturistă, ea îşi găseşte o largă utilizare ca şi în timpul gimnasticii aerobiotice.

Raportul între viteză şi forţă este însă analizat (şi utilizat) în subcapitolul care urmează reprezentând însăşi baza antrenamentului isokinetic.

6.5.3.4. *Contracţia isokinetică*

Este o metodă apărută prin anii '60 ca tehnică de evaluare a travaliului muscular şi utilizată până de curând doar în cercetare dat fiind şi aparatura necesară care este costisitoare.

Această aparatură permite „acomodarea" rezistenţei pe tot parcursul amplitudinii de mişcare la o velocitate fixă. Termenul de „acomodare" face parte chiar dintr-o denumire a metodei: *„exerciţiu cu rezistenţă acomodată"*.

Isokinezia se realizează fie pe contracţia concentrică, fie pe excentrică sau pe amândouă. Viteza de execuţie poate fi modificată după cum se doreşte, dar ea rămâne fixă apoi pe tot parcursul mişcării.

Este singura metodă kinetică prin care muşchiul se contractă dinamic la capacitatea lui maximă în fiecare punct pe întreaga amplitudine de mişcare. În acelaşi timp, nu există pericolul de lezare musculară căci nu se poate aplica o rezistenţă mai mare decât forţa dezvoltată de muşchi şi în plus scad forţele compresive articulare la velocităţi mari.

Studiile comparative arată că isokinezia dezvoltă mai repede forţă musculară decât exerciţiul isoton cu rezistenţă.

Antrenamentul isokinetic are şi o serie de dezavantaje cum ar fi: aparatură foarte scumpă, greoi de lucrat (aranjarea pacientului, instruirea lui etc.), nu se poate lucra şi acasă, exerciţiul nu face parte din performanţa obişnuită umană aşa că efectul antrenamentului devine specific pentru o astfel de contracţie (Kannus, 1994).

Echipamentul pentru antrenamentul isokinetic este variat şi adaptat pentru diverse segmente ale corpului, inclusiv pentru trunchi. Iată câteva modele: Cybex, Nautilus, Brodex, Lido, Merac, Kin/Com etc. sunt aparate atât pentru testarea performanţei musculare cât şi pentru antrenament. Alte aparate ca: Body Exerciser, Orthotron etc. sunt doar pentru antrenament muscular.

Acest echipament oferă o serie de parametri variabili şi perfect adaptabili oricărui individ.

– Asigură o rezistenţă maximă (versus forţa respectivului muşchi) pe tot parcursul mişcării segmentului;

– Poate cuantifica viteza de mişcare de la viteze joase până la cele mai înalte, la alegere;

– Se poate acomoda pentru arcul dureros al mişcării;

– Apariţia oboselii nu opreşte mişcarea, ci se adaptează rezistenţa maximă pentru muşchiul obosit;

– Se poate comuta rezistenţa pe musculatura antagonistă, în timp ce agoniştii se odihnesc, tehnică foarte importantă, căci evită ischemia musculară de supraefort.

Ca tehnică de lucru se utilizează într-o şedinţă minimum 3 viteze de mişcare fie 60; 120 şi 180 grade/sec, fie 60, 150 şi 240 grade/sec.

Precizăm că nu se poate vorbi de efecte asupra dezvoltării forţei musculare prin isokinezie decât de la viteze mai mari de 15 grade/sec (există clinicieni care optează pentru 8-10 grade/sec).

Problema controversată a isokineziei este asupra vitezei de lucru. Pentru unii nu ar avea mare importanţă gradul de velocitate pentru creşterea de forţă, ci doar mărimea rezistenţei (Adeyanju K., Crews R. etc.). În schimb, alţi autori arată că ritmul de lucru are mare importanţă în mai multe aspecte:

– Ritmurile înalte de lucru determină performanţe net mai mari decât vitezele joase;

– Ritmurile înalte determină aproape selectiv hipertrofia fibrelor musculare tip II căci recrutarea UM se face mai ales a acelora care inervează fibre tip II (dovezi bioptice de muşchi);

– Antrenamentul la un ritm înalt creşte forţa la acea viteză şi se realizează într-o oarecare măsură şi un transfer de forţă pentru viteze joase. Invers însă nu se întâmplă (Pipes T. P. şi colab.);

– Pe de altă parte, s-a demonstrat că folosind ritmuri lente dar cu rezistenţă mare se realizează o recrutare de UM mai bună cu înregistrarea unui torque net superior.

Concluzia majorităţii autorilor este că antrenamentul isokinetic trebuie să se desfăşoare la câteva ritmuri pentru a creşte rapid performanţa (vezi mai sus).

În mod obişnuit programul isokinetic se începe la o forţă submaximală şi la viteză joasă şi medie până când pacientul se adaptează, apoi de abia se trece la efortul maxim. Se urmăreşte desigur să se ajungă la rezistenţă maximă cu velocitate maximă.

Pentru un antrenament specific (de exemplu la un sportiv pentru o anumită grupă musculară) se consideră că trebuie adaptată acea viteză cu care se execută respectiva mişcare în cadrul activităţii sportive respective.

Ca şi la orice program kinetic o serie de parametri rămân nişte variabile pe care le adaptează kinetoterapeutul la un anume pacient. Este vorba de durata exerciţiului, numărul de şedinţe pe zi sau săptămână, formarea setului de exerciţii, ordinea şi numărul grupelor musculare etc.

În ultimii ani aparatura de testare şi antrenare (sau numai antrenare) a pătruns tot mai mult, la început în mediile sportive apoi şi în unităţile de terapie fizică şi recuperare pentru creşterea forţei, rezistenţei şi puterii musculare. Eficienţa antrenamentului isokinetic îl recomandă ca superior metodelor isometrice şi isotonice cu rezistenţă mai ales în ceea ce priveşte uniformitatea acestei creşteri la nivelul fiecărui grad de mişcare.

6.5.3.5. *Alte modalităţi de antrenare a forţei*

De fapt nu este vorba de un alt tip de contracţie ce creşte forţa, rezistenţa sau puterea musculară, ci de mobilităţi mai particulare abordabile în situaţii speciale.

Astfel în situaţiile deficitelor mari de forţă musculară – de obicei de cauză neurologică –, când se începe recuperarea unor grupe musculare de forţă 0, 1, 2 şi chiar 3, este necesar să se recurgă la alte tipuri de exerciţii în mod exclusiv sau asociind şi isometria sau rezistenţele progresive:

a) Posturile declanşatoare de reflexe tonice (reflexele tonice cervicale, reflexele tonice labirintice);

b) Tehnicile de facilitare pentru întărirea musculaturii (inversarea lentă cu opunere, iniţierea ritmică, contracţiile repetate, isometria alternată, stabilizarea ritmică etc.);

c) Elementele facilitatorii de creştere a răspunsului motor (întinderea rapidă, tracţiunea, telescoparea, vibraţia, periajul etc.).

Toate aceste aspecte sunt discutate în alte capitole.

Sub raportul tehnicilor kinetologice de bază, în aceste cazuri cu forţă musculară sub 3 se utilizează toate tipurile de mişcare activă, dar şi mişcarea pasivă. Aceasta din urmă în cazul unor grupe musculare de forţă 0 şi 1, nu numai pentru prezervarea amplitudinii de mişcare, ci chiar în scopul reeducării musculare datorită reflexelor tonice cu punct de plecare articular şi, mai ales, prin efectul reflexului de întindere.

Mişcarea activă asistată este utilizată în cazurile de forţă –2 şi –3, pentru realizarea întregii excursii de mişcare a segmentului. Iată câteva metode de realizare a mişcării active cu rezistenţă: manual, de către kinetoterapeut, prin echipament special (placă talcată, suport cu bile etc.), suspendare cu contragreutate, orteză dinamică etc.

Mişcarea activă o aplicăm în antrenarea muşchilor de forţă 2 şi 3, iar cea activă cu rezistenţă, pentru antrenarea celor de forţă 2+, 3+, -4, 4 şi 4+.

Există o problemă de opţiune tehnică, dar care încă nu a fost rezolvată definitiv de studiile făcute. Iată un exemplu:

Să presupunem un biceps brahial cu forţa sub 3 sau chiar 3. Am putea să-l antrenăm prin mişcarea de flexie-extensie a cotului, deci contra gravitaţiei, sau eliminând gravitaţia, prin mişcarea de flexie cu rezistenţă. În primul caz, bicepsul este antrenat prin contracţii concentrice şi excentrice, în cel de-al doilea, numai prin contracţii concentrice. Problema care se pune este dacă efectul pe care îl urmărim – creşterea forţei – îl obţinem mai pregnant prin contracţia excentrică antigravitaţională (mai valoroasă decât cea concentrică) sau prin cea concentrică, cu rezistenţă (fără gravitaţie).

Reamintim că în capitolul despre exerciţiul fizic terapeutic, discutându-se despre principiul progresivităţii pentru tonifierea musculară, au fost enumerate modalităţile posibile de a realiza acest obiectiv.

În cadrul prezentării aspectelor teoretice ale forţei musculare au fost amintite câteva studii care au demonstrat valoarea „antrenamentului imaginativ" asupra creşterii forţei musculare. Este vorba de concentrarea imaginativă de execuţie a unei mişcări (pe care de fapt nu o realizăm). După câteva săptămâni constatăm o creştere destul de importantă a forţei grupului muscular care execută acea mişcare.

De asemenea, s-a discutat de efectul benefic asupra forţei unui grup muscular de la un membru prin antrenare (prin tehnicile obişnuite) a grupului muscular simetric de la membrul opus.

6.5.3.6. *Electrostimularea musculară*

De peste un secol, stimularea electrică neuromusculară (SENM) a fost utilizată în deficitul neuromuscular cu mai multă sau mai puţină (mai ales) înţelegere asupra efectelor reale ale acesteia.

SENM a utilizat curenţii de joasă frecvenţă (rectangulari, trapezoidali, sinusoidali, cu pantă etc.) în primul rând pentru stimularea nervului (la punctul motor) şi astfel să obţinem contracţia musculară. Excitarea nervului era necesară deoarece intensităţile utilizate nu erau prea mari, căci pielea nu le-ar fi putut suporta. Se utilizau electrozi mici.

Excitaţia direct pe muşchi (la capetele muşchiului) din aceste motive nu putem crea contracţii prea mari.

SENM realiza contracţii tetanice foarte scurte la frecvenţe de cca 30 Hz, impulsuri de 0,1-5 ms cu 1-10 impulse pe sec.

Teoretic (dar şi practic) rolul SENM nu era de a creşte forţa musculară, ci de a menţine muşchiul denervat să nu se atrofieze până când se produce procesul biologic natural de reinervare. Bineînţeles aplicarea SENM nu are logică la un muşchi care răspundea la comanda voluntară. De aceea, indicaţia majoră era pentru muşchii cu forţă sub 2.

În ultimele 2 decenii, SENM şi-a extins aplicarea în diverse stări patologice neurologice beneficiind şi de aportul tehnicii de automatizare. Astfel se utilizează în stimularea membrului inferior hemiplegic flasc, în timpul mersului, la paraplegici în asociere cu ortezarea membrelor inferioare tot pentru mers, pentru promovarea prehensiunii la tetraplegici, pentru stimularea vezicii urinare în patologia medulară, în asistarea mişcărilor respiratorii etc.

Deşi în toate aceste situaţii vechii parametri de lucru au suferit modificări (se lucrează cu tetanusuri prelungite, durate de contracţie isometrică variabile, cu curenţi de medie frecvenţă cu modulare în joasă frecvenţă etc.), totuşi se menţine principiul de bază că SENM se aplică pe muşchii cu comandă voluntară precară sau complet denervaţi.

Stimularea electrică a muşchiului normal inervat dar slab a început să fie pusă în discuţie acum 20-25 de ani ca în ultimii 10 ani să devină o metodă larg utilizată.

Am numit această stimulare *Electrostimulare musculară isometrică* (ESMI) căci are drept caracteristici:

– stimularea direct pe muşchiul normal inervat;

– stimularea realizează contracţii isometrice cu durate variabile (5-10 sec) şi intensităţi (variabile), care ating însă pragul metabolic al muşchiului.

Tehnic se folosesc electrozi mari care să acopere grupul muscular stimulat. Aceşti electrozi determină o densitate mică de curent pe cm^2 ceea ce însă permite să penetreze în ţesuturi curent electric cu intensităţi mai mari fără lezarea lor. În plus, pentru acelaşi motiv, se utilizează numai curenţi de medie frecvenţă (de 2500-5000 Hz) modulaţi în joasă frecvenţă (30-50-75 Hz).

Desigur că ESMI – stimulând direct muşchiul – nu poate evita excitarea concomitentă şi a nervului muşchiului, cu atât mai mult cu cât se ştie că axolema este mai uşor excitabilă decât sarcolema.

Studierea ESMI a efectelor fiziologice şi terapeutice a acoperit toată decada a 9-a (Davies, Dooley, NcDonagh, Gandevia, Belanger).

În decada anterioară, deja Kots şi colab. puseseră bazele tehnicii de lucru (2.500 Hz modulaţi în 50 Hz, 10 sec stimul, 50 sec pauză, 10 minute şedinţa, 15-20 şedinţe, intensitate la maximum de toleranţă).

Utilizarea ESMI a avut ca punct de pornire observaţia: pe o contracţie voluntară isometrică (teoretic maximă) stimulul electric aduce o suplimentare de contracţie isometrică. Adică creşte peakul contracţiei isometrice pe EMG faţă de cel realizat de contracţia voluntară. Aceasta dovedeşte că nu suntem capabili să realizăm voluntar contracţii maxime, deci ar exista o „insuficienţă de comandă şi conducere neuronală" (Matyas, Galea, 1980).

S-a demonstrat că ESMI după o singură şedinţă creşte forţa musculară cu 0,6%-3,6% (Hainaut, Duchateau, 1992), ceea ce face din ESMI o metodă comparabilă cu celelalte metode în creşterea de forţă musculară.

Antrenarea muşchilor sănătoşi prin ESMI relevă câteva aspecte importante:

1. Se poate creşte forţa musculară: prin ESMI utilizând valori de forţă isometrică mai joase decât valorile contracţiei voluntare isometrice. Astfel,

comparativ, utilizând contracţii voluntare de 75% din contracţia maximă, obţinem după 5 săptămâni o ameliorare a forţei cu 18%. La grupul paralel utilizăm ESMI la o valoare de 33% din forţa maximă isometrică şi obţinem – tot după 5 săptămâni – o ameliorare a forţei cu 22% (Laughman, Garrett, 1983).

Explicaţia fenomenului a fost dată 10 ani mai târziu de Adams şi Harris care arată că ESMI activează preferenţial UM mari (Tip II) – a se vedea mai departe.

Fenomenul merită reţinut căci deschide largi perspective deosebite în metodologia creşterii de forţă (cu consum redus, deci cu randament crescut).

2. Activarea unui muşchi prin ESMI determină o creştere de forţă şi pe muşchiul contralateral cu 15% după 5 săptămâni de activare. Explicaţia este dată de schimbări în circuitul neuronal care, stimulat de aferentaţia de la muşchiul activat creează cu uşurinţă iradiere spre motoneuronii musculaturii controlaterale (Enoka, Howard, 1991).

3. Utilizarea ESMI creşte în mod clar performanţa contracţiei voluntare de unde valoarea ei în recuperare şi antrenamentul sportiv (Delitto, 1989 şi alţii).

Aşa, spre exemplu, s-a demonstrat clar că după intervenţiile pe genunchi (ex. ligamentoplastia pentru ruptura ligamentului încrucişat anterior), refacerea forţei cvadricepsului este mai rapidă prin ESMI decât prin activare voluntară (Synder, Macler, Ladin, 1991).

4. Antrenamentul muscular cu ESMI reduce oboseala musculară. Explicaţia va fi dată mai jos.

ESMI este utilizată şi în musculatura denervată pentru prezervarea proprietăţilor muşchilor. Dar, ca şi clasica stimulare neuromotorie, nu influenţează cu nimic forţa muşchiului şi nici nu creşte dimensiunea fibrelor musculare (Stein, 1992). S-ar putea spune că o astfel de stimulare prea prelungită nici nu este faborabilă căci oboseşte repede muşchiul denervat activizând mai ales UM mari (vezi mai departe).

ESMI îşi justifică efectele deosebite prin realizarea unui recruitment al UM care se abate de la obişnuita „recrutare ordonată". Stimularea electrică recrutează de la început UM mari, cu axon mare (care au o rezistenţă electrică mai mică), în timp ce contracţia voluntară începe recrutarea cu UM mici (Fang, Enoka, Trimble, 1991). Se cunoaşte faptul că UM tonice, respectiv fibrele musculare tip I, tonice, îşi cresc forţa musculară mai ales prin recrutarea de UM adică prin sumaţie spaţială. Frecvenţa de descărcare (sumaţia temporală) nu joacă rol decât la valori de forţă sub 30% din forţa maximă. Nu acelaşi lucru se întâmplă cu fibrele tip II, fazice care îşi cresc forţa mai ales prin sumaţie temporală.

ESMI având frecvenţa crescută 30-50 Hz uneori şi peste (se ştie că UM descarcă fiziologic la frecvenţe între 7-35 Hz) vor acţiona predilect, imediat, pe UM şi fibrele tip II fazice. Dar în decursul şedinţelor de antrenament se constată o conversie a acestor fibre în fibre tip I, tonice, mult mai importante pentru activitatea musculară: musculatură antigravitaţională, obo-

seşte mai greu, au un metabolism oxidativ (nu glicolitic ca cele de tip II), sunt mult mai utilizate în activitatea curentă, au suprafaţă de secţiune mai mare etc.

Se ştie că imobilizarea şi chiar sedentarismul excesiv transformă invers raportul fibrelor musculare, crescând preponderenţa fibrelor tip II în detrimentul fibrelor tip I.

ESMI a intrat azi în practica curentă a antrenamentului de creştere a forţei şi/sau anduranţei musculare, mai ales când avem pacienţi care nu reuşesc să realizeze contracţii voluntare suficiente.

Este interesant de subliniat că femeile beneficiază mai puţin de efectele ESMI. Nu prea există încă o explicaţie plauzibilă.

6.6. *REZISTENŢA MUSCULARĂ*

Rezistenţa musculară sau anduranţa (românizarea curentă a termenului „endurance") se referă atât la un muşchi (grup muscular), cât şi la întregul corp (anduranţă generală).

Rezistenţa este o proprietate fiziologică necesară pentru a realiza o serie de sarcini motorii repetitive în timpul zilei, cum ar fi să mergem, să urcăm scări, să muncim etc.

A. Rezistenţa musculară este capacitatea muşchiului de a susţine un efort. Din această definiţie se înţelege, pe de o parte, capacitatea muşchiului de a executa un şir de contracţii pe un timp mai lung, respectiv o activitate fizică pe o perioadă prelungită, iar pe de altă parte, capacitatea muşchiului de a susţine o contracţie adică de a menţine cât mai mult starea de tensiune musculară.

B. Rezistenţa generală a organismului este capacitatea acestuia de a executa activităţi fizice complexe pe perioadă prelungită la intensităţi joase. Aceste activităţi sau exerciţii sunt sub raport metabolic aerobiotice şi implică prin intermediul maselor musculare 3 sisteme importante: cardiovascular, respirator, metabolic.

În general se consideră că la aceste activităţi iau parte 2/3 din masa musculară a corpului. Substratul principal morfofuncţional al anduranţei ar fi numărul de mitocondrii celulari (Holloszy şi Coyle, 1984 şi Rodgers şi Evans, 1993), iar strict funcţional toate sistemele care pot rezista la oboseală.

În kinetologie, problematica rezistenţei generale reprezintă fundamentul kinetoprofilaxiei ca şi al antrenamentului la efort, obiectiv important al kinetoterapiei de recuperare.

Rezistenţa generală trebuie înţeleasă ca o abilitate a organismului de a continua pentru o perioadă mai lungă de timp un exerciţiu sau o activitate fizică aerobică adică o activitate care implică adaptări ale consumului de O_2, ale transportului acestuia la periferie realizându-se un antrenament al capacităţii aerobice, a funcţiei cardio-pulmonare.

Mersul prelungit, joggingul, înotul, ciclismul etc. sunt modalităţi de antrenare a anduranţei generale.

Rezistenţa generală este inversul oboselii la efort.

Nu vom mai insista în acest capitol asupra rezistenţei generale deoarece ea va reprezenta baza unui capitol special asupra exerciţiului aerobic.

6.6.1. *Refacerea rezistenţei musculare*

Rezistenţa musculară este în funcţie de:
– forţa musculară;
– valoarea circulaţiei musculare;
– integritatea metabolismului muscular;
– un complex de factori, greu de definit, care ţin de sistemul nervos central (motivaţie, starea de excitaţie sau inhibiţie corticală), ca şi de starea generală – de boală sau sănătate, echilibrul neurovegetativ şi endocrin etc.

Rezistenţa este proprietatea musculară de bază utilizată în timpul procesului muncii, mult mai importantă decât forţa (bineînţeles, de la o anumită valoare în sus). Sunt rare azi muncile – chiar manuale – care necesită valori mari ale forţei musculare. De aceea este necesar – mai ales în kinetologia de recuperare – să se testeze nu numai forţa, ci şi rezistenţa muşchiului.

Se testează, în primul rând, capacitatea de menţinere a unei contracţii. Dacă, spre exemplu, se utilizează o greutate sub 15% din forţa maximă, aceasta poate fi menţinută aproape nelimitat. La 50% din forţa maximă, rezistenţa grupului muscular respectiv este de 1 minut, iar la nivelul forţei maxime (1 RM) de-abia atinge 6 secunde (Rohmert).

De obicei, testarea se face cu greutăţi între 15 şi 40% din forţa maximă, cronometrându-se timpul menţinerii contracţiei sau executându-se o activitate simplă – mişcarea segmentului respectiv calculând numărul de repetări posibile la încărcarea respectivă şi la un ritm de metronom precizat.

Rezistenţa musculară este starea contrară oboselii musculare.

Pentru obţinerea rezistenţei, principiul metodologic este creşterea duratei exerciţiului. De aceea, se lucrează la intensităţi mai joase de efort, dar prelungite în timp. În general, se utilizează exerciţii dinamice cu rezistenţă, în care aceasta reprezintă 15-40% din valoarea 10 RM sau 1 RM. Se urmăreşte atingerea oboselii prin creşterea duratei exerciţiului. Pot fi utilizate toate tehnicile exerciţiilor active cu rezistenţă. Terapia ocupaţională şi sportul terapeutic sunt de asemenea două metode cu largă aplicabilitate pentru realizarea obiectivului urmărit: creşterea rezistenţei musculare.

Trebuie recunoscut că în practica kineto la noi în ţară se acordă prea puţină atenţie antrenării anduranţei musculare, toată atenţia acordându-se recâştigării forţei musculare.

O astfel de atitudine este total greşită din foarte multe motive.

În primul rând deoarece, aşa cum arătam mai sus, în viaţa modernă se solicită nu atât forţă, ci rezistenţă musculară, într-o activitate fizică de 8-10-12 ore pe zi.

S-a constatat apoi că o concomitenţă de antrenare atât a forţei, cât şi a anduranţei realizează în final o performanţă pe forţă mai mare decât după antrenamentul doar pentru forţă.

Antrenamentul specific pentru rezistenţă musculară aduce o serie de adaptări metabolice deosebit de importante pentru activitatea fizică ulterioară. Astfel, la cei antrenaţi se înregistrează imediat după un efort oarecare o acumulare importantă de glicogen muscular, ceea ce arată capacitatea muşchiului de a răspunde oricând la o nouă solicitare (Hickner, Frischer, Hansen, 1997).

În eforturile prelungite de rezistenţă persoanele antrenate utilizează energia provenită din arderea grăsimilor şi nu a carbohidraţilor. Procesul de oxidare a grăsimilor fiind stimulat la un nivel înalt (Jeukendrup, Mensink, 1997).

Este cunoscut faptul că, la vârstnici, consumul de O_2 maxim (VO_2 max) este scăzut, ceea ce determină scăderi importante ale performanţei musculare. La vârstnici antrenaţi pe rezistenţă musculară se constată că deşi VO_2 maxim rămâne scăzută (masa musculară scăzută şi înlocuită cu ţesut grăsos) capacitatea de anduranţă poate fi perfect conservată (Proctor, Joyner, 1997). Este adevărat că, la vârstnic, antrenamentul de forţă aduce o creştere semnificativă a acesteia, dar fără să mai înregistrăm hipertrofie musculară.

Aşa cum s-a arătat, rezistenţa musculară nu se corelează numai cu forţa musculară, ci şi cu alţi factori.

a) Astfel rolul circulaţiei musculare este prea bine demonstrat de claudicaţia intermitentă a arteriticului care nu este capabil să-şi desfăşoare contracţiile musculare ale gambelor mai mult de câţiva zeci de metri, indiferent ce forţă netă ar putea desfăşura respectivii muşchi.

Este deci uşor de înţeles că orice terapie care ameliorează perfuzia muşchiului va mări şi rezistenţa acestuia. De asemenea, înţelegem prin ce mecanism se ameliorează claudicaţia intermitentă în cadrul tehnicii „mersului dozat".

b) Integritatea metabolismului muscular este o condiţie *sine qua non* pentru o bună anduranţă musculară.

Perturbările metabolice musculare în cadrul diverselor tipuri de miopatii din păcate nu pot face obiectul antrenamentului kinetic care deseori poate chiar agrava.

c) Complexul de factori aleatori care pot influenţa mult rezistenţa atât musculară cât şi generală trebuie întotdeauna avuţi în vedere când se alcătuieşte programul kinetic de creştere a forţei şi rezistenţei.

– Motivaţia de a executa corect exerciţiile, de a creşte performanţa, de a câştiga o competiţie (inclusiv cu el însuşi) măreşte efectiv rezistenţa atât a efortului unic cât şi a celui repetitiv.

– Evident, starea de sănătate este o condiţie tot *sine qua non.*

– Deosebit de important pentru nivelul testat al forţei, dar mai ales al anduranţei, este echilibrul neuroendocrin din momentul respectiv.

6.7. REFACEREA PUTERII MUSCULARE

Alături de forţă şi de rezistenţă, „puterea" este şi ea o măsură a performanţei muşchiului. Puterea se defineşte ca „travaliul pe unitatea de timp"; adică *forţa × distanţa/timp.* Se ştie că produsul între forţă şi distanţă reprezintă travaliul (munca). Formula de mai sus poate fi exprimată şi prin *forţă × velocitate.* Puterea se exprimă în watti, ea fiind o cantitate scalară. 1 KW (kilowatt) = 1,36 cai putere = puterea metabolică ce corespunde la un consum de O_2 de aproximativ 48 ml/sec. Puterea poate fi considerată ca „viteza de utilizare a energiei" de către muşchi.

Un exemplu din tehnică ar explica poate mai bine noţiunea de putere. O maşină de 50 cai putere ajunge la viteza de 100 km/h în 17 secunde, în timp ce una de 80 cai putere ajunge în 12 sec la această viteză.

Termenul de „putere" este utilizat deseori într-o accepţiune limitativă mai ales în medicina sportivă sau educaţie fizică. Este vorba de o activitate explozivă, bruscă musculară la un înalt grad de intensitate care durează foarte scurt timp (10-20 sec) până la atingerea oboselii.

Se utilizează de asemenea expresia de „producere de putere", expresie care cred că este mai adecvată decât simpla „putere".

Se consideră de asemenea de unii autori că această activitate foarte intensă musculară de scurtă durată reprezintă „puterea anaerobă", în timp ce exerciţiul fizic la intensităţi mai joase, susţinut o perioadă lungă, reprezintă „puterea aerobă".

Se poate sesiza uşor că această „putere aerobă" nu este altceva decât rezistenţa musculară.

S-a mai amintit şi în alte capitole că există 2 tipuri principale de fibre musculare (de fapt sunt 3 sau chiar 4) şi anume:

– Fibrele tip I, tonice, cu contracţie lentă, capabile să susţină o contracţie pe o perioadă lungă. Sunt fibre adaptate la un metabolism aerobic obosind greu;

– Fibrele tip II, fizice, cu contracţie rapidă, generând o mare cantitate de tensiune într-un timp scurt. Sunt fibre adaptate la un metabolism anaerobiotic obosind rapid.

Muşchii au fibre din ambele tipuri, dar cu predominenţa unora sau altora în funcţie de rolul lor în organism (fibrele tip I sunt în special în muşchii posturali) (tabloul 6.IV.).

Această repartiţie a fibrelor musculare a indus ideea antrenamentului diferit pentru realizarea „puterii aerobe" sau a „puterii anaerobe".

TABLOUL 6.IV

TIPURI DE FIBRE MUSCULARE

Caracteristici	*Tip I (roşii)*	*Tip II A (intermediar)*	*Tip II B (albe)*
Viteza secusei	lentă	rapidă	rapidă
Activitatea miozin ATP-azei	slabă	intensă	intensă
Metabolism şi enzime	oxidative	oxidative şi glicolitică	glicolitică
Fatigabilitate	întârziată	intermediar	rapidă
Nr. mitocondrial	mare	mare	mic
Conţinut mioglobină	înalt	înalt	redus
Densitate capilară	mare	mare	mică
Diametrul fibrei	mic	intermediar	mare
Conţinut în glicogen	scăzut	intermediar	crescut
Mărimea unit. motorii şi a joncţiunii neuromusculare	mică	intermediar	crescută

Modalitatea de antrenare a puterii nu are o metodologie specială. Ea se realizează prin exerciţii dinamice contra unei rezistenţe pe o perioadă de timp definită.

Este evident că, pe măsură ce o activitate se va prelungi în timp, puterea scade aşa cum se poate vedea şi în figura 6.21.

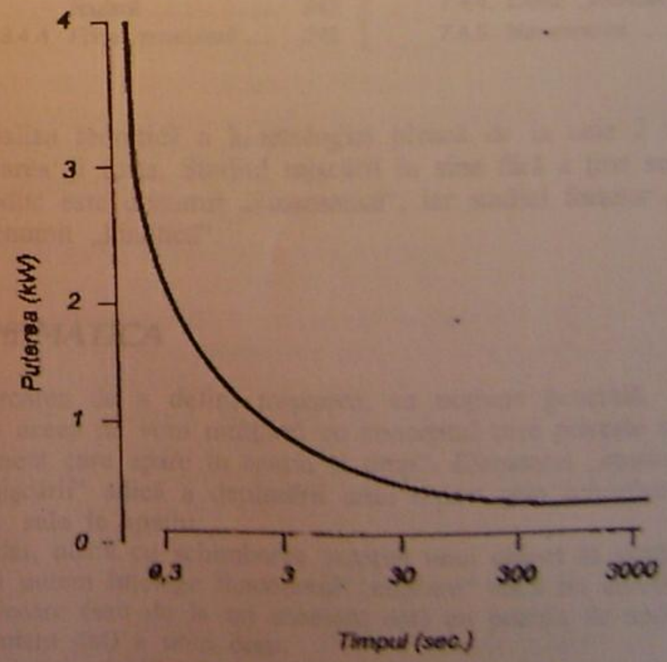


Fig. 6.21. – Evoluţia puterii cu durata activităţii.

În practica kinetoterapică nu se lucrează cu noţiunea de putere, ci doar de forţă şi anduranţă.

În sport ea este des utilizată.

Alte aspecte despre putere la începutul prezentului capitol.

*
* *

În această monografie există un capitol intitulat „Adaptări acute şi cronice ale sistemului motor", capitol – dintr-un anumit punct de vedere – concluziv asupra efectelor unui antrenament de creştere a performanţei sistemului motor şi în principal a muşchiului.

Se reiau unele elemente din acest capitol asupra „sistemului efector motor", dar dezvoltându-le şi completându-le la un nivel superior.

Cititorul interesat deci într-un studiu mai aprofundat în această direcţie este invitat să studieze şi acest capitol.

Capitolul 7

KINEMATICĂ ŞI KINETICĂ

7.1. *KINEMATICA* 225
7.1.1. **Mişcarea lineară şi angulară** 227
7.2. *KINETICA* 231
7.3. *RELAŢIA FORŢĂ-MIŞCARE* 232
7.3.1. **Unităţi de măsură** 232
7.3.2. **Legile mişcării** 233
7.3.3. **Diagrama corpului liber** ... 236
7.3.4. **Forţele mişcării umane** 237
7.3.4.1. *Greutatea corporală* 238
7.3.4.2. *Reacţia solului* 240
7.3.4.3. *Forţa de reacţie articulară* 243
7.3.4.4. *Forţa musculară* 243
7.3.4.5. *Presiunea intraabdominală* 247
7.3.4.6. *Rezistenţa fluidă* 247
7.3.4.7. *Forţa elastică* 248
7.3.4.8. *Forţa inerţială* 249
7.3.5. **Torque-ul** 250
7.4. *STRATEGIILE MIŞCĂRII* 251
7.4.1. **Postura** 253
7.4.2. **Strategiile mişcării fundamentale** 255
7.4.3. **Coactivarea** 257
7.4.4. **Ciclul „întindere-scurtare"** 257
7.4.5. **Manevrarea** 259

Analiza teoretică a kinetologiei pleacă de la cele 2 componente de bază: mişcarea şi forţa. Studiul mişcării în sine fără a ţine seama de forţele care o produc este denumit „kinematică", iar stadiul forţelor aplicate corpului este denumit „kinetică".

7.1. *KINEMATICA*

Încercarea de a defini mişcarea, ca noţiune generală, nu este deloc uşoară. De aceea ne vom mulţumi cu conceptul care priveşte mişcarea ca pe un „eveniment care apare în spaţiu şi timp". Elementul „spaţiu" este de fapt „spaţiul mişcării" adică a deplasării unui obiect prin schimbarea continuă a *poziţiei* sale în spaţiu.

Aşadar, odată cu schimbarea poziţiei unui obiect în spaţiu apare „mişcarea". Nu putem înţelege fenomenul „mişcare" dacă nu corelăm mintal poziţia de plecare (sau de la un moment dat) cu poziţia de sosire (sau de la un alt moment dat) a unui corp.

Elementul „timp" apare corelat cu „spaţiul" ceea ce generează noţiuni ca *viteză* şi *velocitate*.

Aşadar o analiză fizică a mişcării (numită *descripţie kinematică* sau cinematică) va trebui în primul rând să lămurească cele 3 noţiuni de mai sus rezultate din raportul spaţiu/timp: poziţie, viteză, velocitate.

Poziţia este raportul unui obiect faţă de locul lui în spaţiu, adică de alte obiecte. Un obiect imobil nu-şi modifică acest raport pe când unul în mişcare şi-l modifică continuu.

„Poziţia" va trebui deci să o raportăm mereu la ceva. Iată câteva exemple de exprimare prin raportare a poziţiei unui corp:

– „cartea" este pe masă; „mâna" se sprijină pe genunchi; „piciorul" este pe scară;
– „trunchiul" aplecat înainte (faţă de verticală);
– „gara" este la 1 km (de locul unde mă aflu);
– „fereastra" este la 2 m înălţime (de sol) etc.

Viteza este o mărime scalară a vectorului velocitate şi arată „cât de repede" se realizează mişcarea dar nu şi în ce direcţie. Se exprimă prin raportul distanţă/timp adică în unităţi de lungime şi de timp (m/sec; km/oră etc.) în funcţie de mărimea vitezei.

Velocitatea este o mărime vectorială şi arată „cât de repede" şi „în ce direcţie" se mişcă obiectul deci cu ce viteză şi unde îşi schimbă poziţia acesta. În acest fel raportul care defineşte velocitatea $= \frac{\Delta \text{ poziţie}}{\Delta \text{ timp}}$ în care Δ poziţia sau variaţia de poziţie este distanţa între poziţia 1 şi poziţia 2, iar Δ timp sau variaţia de timp este durata în timp parcursă de obiect între poziţia 1 şi 2 (fig. 7.1). Considerăm, după cum arată graficul din figură, că deplasarea este pe verticală, valoarea lui Δ poziţie este de 2 m, iar valoarea lui Δ timp este de 3 sec, iar linia plină (săgeata) între punctul 1 şi 2 reprezintă vectorul velocităţii care are deci o mărime măsurabilă (m/sec). De fapt, această mărime măsurabilă este viteza cu care se deplasează obiectul. Cu cât panta acestui vector va fi mai abruptă, cu atât velocitatea (viteza) va fi mai mare.

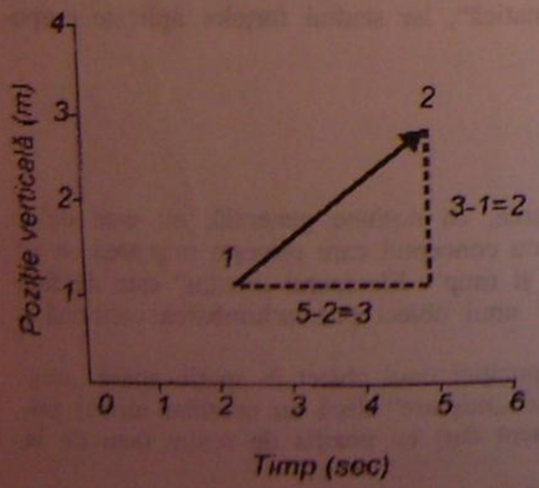


Fig. 7.1. – Raportul poziţie-timp.

Velocitatea nu este doar viteză, ci şi direcţie de deplasare – noţiune care nu se poate măsura, dar dă sens.

În figura 7.2., vectorii 1-2 şi 2-3 sunt pozitivi, iar 4-5 este negativ în timp ce vectorul 3-4 are velocitatea zero. Această situaţie este valabilă doar pentru graficul din figură în care poziţiile sunt considerate pe verticalitate. Generalizând însă trebuie reţinut că în situaţia în care semnul velocităţii se schimbă înseamnă că mişcarea şi-a schimbat direcţia în sens opus. Când direcţia mişcării se schimbă de la pozitiv spre negativ, graficul trebuie să treacă prin velocitate zero.

În cazul în care viteza vectorului velocitate se schimbă pentru fiecare secundă, mişcarea este de tip accelerat.

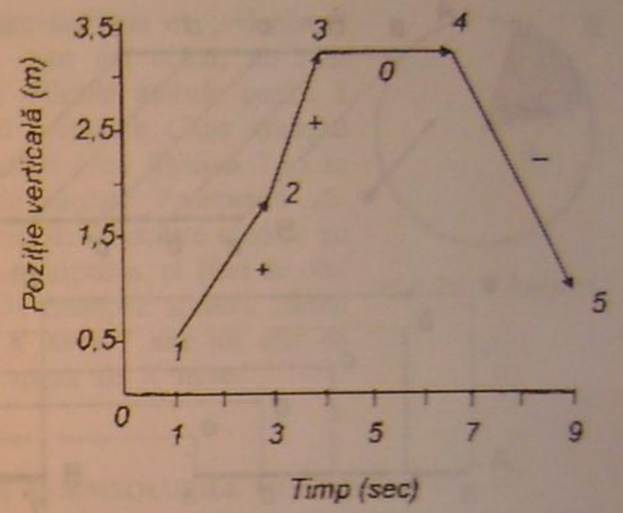


Fig. 7.2. – Schimbarea direcţiei vectorului velocităţii.

Acceleraţia rezultă din raportul $\frac{\Delta \text{ velocitate}}{\Delta \text{ timp}}$ şi se exprimă în m/sec^2.

Căderea liberă a unui corp este de tip accelerat datorită gravitaţiei, acceleraţia gravitaţiei fiind de 9,81 m/sec^2 (la nivelul mării).

Caracterizată deci prin cei 2 parametri: viteză (v) şi acceleraţie (a), mişcarea poate fi:

– uniformă (v = constantă; a = 0);
– variată (a ≠ 0)
  • uniform variată (*a* = creşte sau scade constant)
  • neuniformă (*a* = variabilă).

Toate aceste mişcări se regăsesc în exerciţiul fizic şi cer eforturi biologice diferite.

7.1.1. *Mişcarea lineară şi angulară*

Mişcarea lineară (sau translarea) este deplasarea unui obiect în spaţiu în aşa fel încât toate părţile (punctele) lui au aceeaşi deplasare ca mărime (fig. 7.3).

Mişcarea angulară (sau rotarea) este deplasarea unui obiect în spaţiu în aşa fel încât fiecare parte (punct) a lui execută o distanţă de deplasare proprie, diferită de a celorlalte puncte (fig. 7.4.). Mişcarea angulară realizează unghiuri între poziţia iniţială a segmentului care se mişcă şi cea finală a lui.

Mişcările corpului, ale segmentelor lui se realizează prin ambele tipuri.

Aici trebuie făcută o precizare asupra termenului „rotaţie". Din mişcările „clasice" ale segmentelor corpului (flexie-extensie; abducţie – adducţie; rotaţie internă – externă); mişcarea de rotaţie reprezenta mişcarea circulară (în jurul *propriului ax*) a unui segment pe altul.

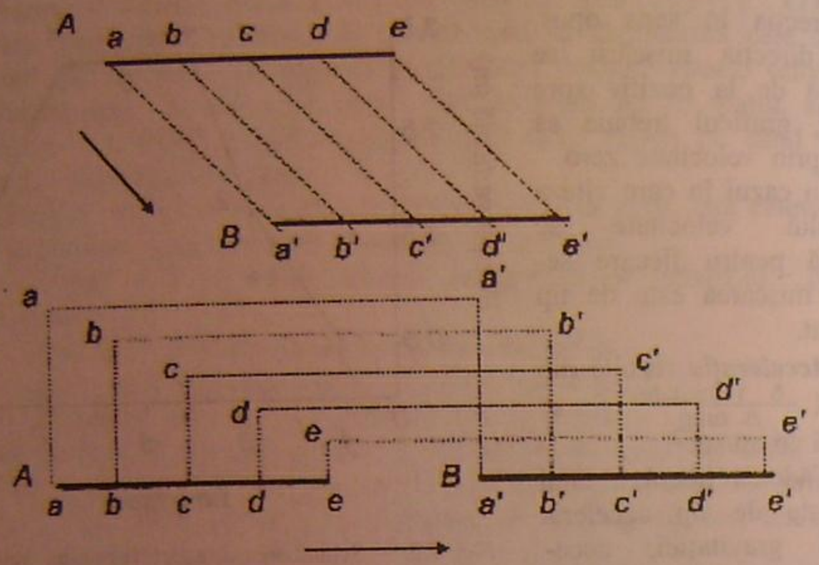


Fig. 7.3. – Mişcarea lineară (translară)
aa' = bb' = cc' = dd' = ee' (săgeata arată direcţia translării).

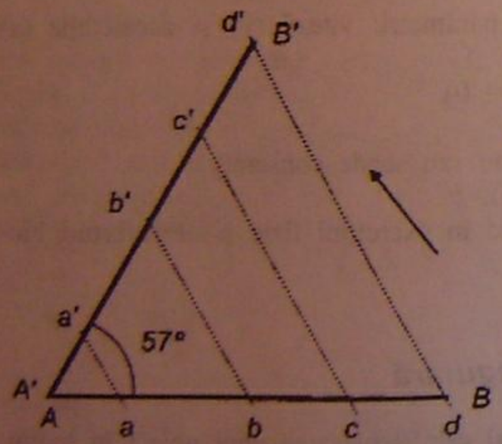


Fig. 7.4. – Mişcarea angulară (57°)
aa' < bb' < cc' < dd'.

Termenul de „rotaţie" (general) folosit ca sinonim pentru mişcarea angulară se referă la orice mişcare care realizează un unghi între segmente, mişcare ce poate avea diverse axe de mişcare. Spre exemplu flexia-extensia coapsei sunt „rotaţii" în jurul axului transversal care trece prin şold în timp ce abducţia-adducţia coapsei sunt tot „rotaţii" în jurul unei axe antero-posterioare ce trece tot prin şold.

Mişcarea lineară are ca unitate de măsură *metrul*. Mişcarea angulară are ca unitate de măsură *radianul* (rad) care reprezintă „raportul între distanţa de pe circumferinţa cercului şi raza cercului". Când această distanţă este egală cu raza, raportul are valoare 1 (1 rad) în care caz unghiul are valoare 57,3° (fig. 7.5.). Deci când un segment se roteză în jurul unei axe care trece prin originea sa (o articulaţie, spre exemplu) realizând o mişcare angulară de 57,3° spunem că segmentul s-a rotat cu 1 rad.

Standardele internaţionale au fixat o serie de simboluri şi unităţi de măsură pentru parametrii mişcării utilizaţi azi în toate lucrările de specialitate. Aceste simboluri şi unităţi sunt diferite pentru mişcarea liniară şi angulară aşa cum se poate vedea în Tabloul 7.I.

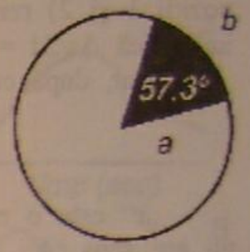


Fig. 7.5. – Radianul.

Este momentul să precizăm noţiunea de „velocitate" şi „viteză". Deşi evident, aşa cum am arătat, nu sunt sinonime, în mod curent sunt utilizate ambele pentru a arăta „cât de repede" se execută o mişcare. Chiar simbolul şi unitatea de măsură a velocităţii (vezi Tabloul 7.I.) se suprapun peste cel al vitezei de mişcare. Parametrul „direcţie" care completează noţiunea de velocitate evident nu este măsurabil şi deci nu se poate exprima, el fiind de obicei definit prin felul mişcării. De exemplu: spunem „flexia antebraţului cu velocitatea de X m/sec" sau tot atât de corect: „flexia antebraţului cu viteza de X m/sec".

TABLOUL 7.I

PARAMETRII ŞI SIMBOLURILE MIŞCĂRII

	Mişcarea liniară		*Mişcarea angulară*	
	Simbol	*Unitate de măsură*	*Simbol*	*Unitate de măsură*
Poziţia	r	m(etrul)	θ (theta)	rad(ian)
Deplasarea	Δr	m	Δθ	rad
Velocitatea	v	m/sec	ω (omega)	rad/sec
Acceleraţia	a	m/sec^2	α (alfa)	rad/sec^2

În cursul acestei monografii cele 2 exprimări sunt folosite pentru a exprima viteza mişcării.

După cum se afirma mai sus, mişcările corpului uman şi ale segmentelor lui sunt şi de tip linear şi angular ca şi de tip mixt adică combinându-le (în care caz mişcarea este denumită *planară*). Dacă mişcarea planară se produce în mai multe planuri se numeşte *mişcare generală* fiind o mişcare tridimensională.

Intricarea celor două mişcări de bază (lineară şi angulară) ale corpului şi segmentelor lui creează unele relaţii particulare între cele 2 tipuri de măsurători specifice fiecărui tip de mişcare.

Să privim fig. 7.6. Considerăm că o riglă rigidă de lungime „r" se roteşte, având axul în punctul „0", parcurgând distanţa „s" între poziţiile „1" şi „2".

Deplasarea riglei (s) va fi egală cu produsul între lungimea ei şi unghiul realizat de rotaţia între cele 2 poziţii (1 şi 2).

Deci $s = r\theta$

Velocitatea lineară (v) considerată la capătul riglei (adică viteza cu care s-a deplasat această porţiune a riglei între cele 2

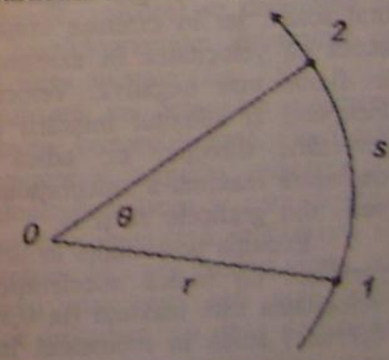


Fig. 7.6.

poziţii 1 şi 2) reiese din raportul între variaţia deplasării şi variaţia timpului, adică $\Delta s/\Delta t = v$.

Dar, după cum am văzut mai sus, Δs se poate scrie ca $\Delta r\theta$ Deci:

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta(r\theta)}{\Delta t}$$

„r" este o mărime fixă (rigla) nu poate varia şi deci expresia $\Delta(r\theta)$ nu are sens căci doar „θ" variază în timpul deplasării riglei motiv pentru care această expresie se scrie „$r\Delta\theta$".

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} \quad \text{dar} \quad \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \omega \quad \text{iar} \quad \frac{\Delta s}{\Delta t} = v \quad \text{deci}$$

$$\boxed{v = r\omega}$$

Această ecuaţie este foarte imporantă putând-o „traduce" astfel: „velocitatea lineară este egală cu distanţa de la punctul O" (de rotaţie) la orice punct „r" de pe un segment în mişcare angulară înmulţită cu velocitatea angulară „ω" a segmentului măsurată în radiani/sec.

Această distanţă între „O" şi un punct „r" poartă numele de „braţ" (al pârghiei) sau „braţul momentului" (*moment arm*).

Într-o altă exprimare a noţiunii de mai sus trebuie înţeles că pentru fiecare punct „r" de pe un segment va corespunde un alt „v".

Dar „v" (velocitatea) este un vector (având direcţie), iar acest vector va fi întotdeauna tangenta la drumul parcurs de segment (riglă) ca în figura 7.7. Este evident că $v_3 > v_2 > v_1$ (ca şi $\omega_3 > \omega_2 > \omega_1$) deoarece $r_3 > r_2 > r_1$ deplasarea segmentelor Ox, Oy şi Oz făcându-se într-o aceeaşi durată de timp.

Este deci de înţeles de ce velocitatea lineară a unui patinator înalt este mai mare decât a unuia mai puţin înalt căci are „r"-ul mai mare.

Să analizăm kinematica unei mişcări simple, flexia – extensia cotului în plan orizontal (fără participarea gravitaţiei) a cărei exprimare grafică apare în figura 7.8.

În flexie desigur unghiul între braţ şi antebraţ scade, iar în extensie creşte. Se consideră de aceea că velocitatea în extensie este pozitivă, iar în flexie este negativă. Velocitatea este zero la începutul şi sfârşitul mişcării ca şi în momentul inversării direcţiei ei, adică în momentul de deplasare maximă a antebraţului (3,14 rad) cum se vede din graficele A şi B.

Evoluţia acceleraţiei în timpul mişcării cotului (graficul C) indică acceleraţie zero, exact când velocitatea este maximă (la 0,3 sec) şi minimă (la 0,7 sec) adică în momentul în care curba velocităţii este zero.

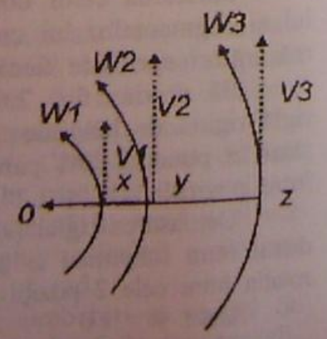


Fig. 7.7. – Velocitatea (v) ca vector tangent la drumul mişcării.

7.2. KINETICA

Ca şi în cazul „mişcării" definirea forţei s-a făcut în variate forme mai mult sau mai puţin complete.

În general, forţa a fost definită prin fenomenul mişcării: „forţa" este un „agent" care produce sau tinde să producă o schimbare în starea de repaus sau mişcare a unui obiect. Ar trebui să adăugăm însă la acest concept („forţa ca producător de mişcare") şi corolarul acestuia („forţa ca rezultat al mişcării unui corp"). Relaţia aceasta indisolubilă între mişcare şi forţă (sau invers) ne justifică de ce kinetologia nu poate fi decât un studiu al mişcării care include şi aprecierile asupra forţei ca producător sau rezultantă a mişcării.

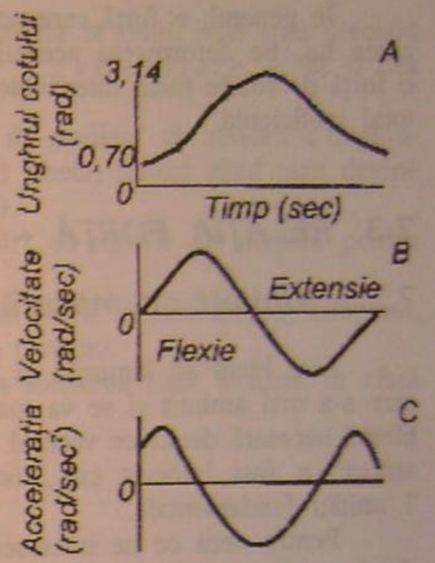


Fig. 7.8. – Kinematica flexiei-extensiei cotului.

Forţa este un vector care are o mărime, o direcţie de acţiune şi un punct de aplicare.

Acţionând asupra unui corp o forţă va determina o mişcare a acestuia în aceeaşi direcţie ca direcţia ei de acţiune.

Dacă asupra unui corp acţionează mai multe forţe, acestea se „compun" şi dau o „forţă rezultantă". *Forţa rezultantă* este în funcţie de caracteristicile vectorilor forţelor ce acţionează concomitent asupra obiectului. Forţa rezultantă se poate reprezenta grafic sau, pornindu-se de la ea, se pot reconstitui forţele care au generat-o.

Dacă 2 forţe acţionează în aceeaşi direcţie, valoarea lor se sumează. Invers, dacă acţionează în direcţii opuse, valoarea lor se scade acţionând asupra obiectului doar forţa-diferenţă, iar dacă erau egale ele se anihilează reciproc şi obiectul rămâne nemişcat.

Dacă 2 forţe acţionează în direcţii diferite, forţa rezultantă – cea care de fapt va determina mişcarea obiectului (direcţie, valoare) se determină ca fiind diagonala paralelogramului determinat de vectorii celor 2 forţe aplicate (fig. 7.9).

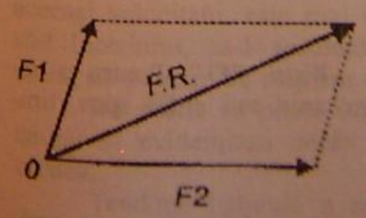


Fig. 7.9. – Paralelogramul forţelor.
F.R. = forţa rezultantă din $F_1 + F_2$.

Forţa rezultantă va determina mişcarea obiectului în direcţia vectorului forţă. Dacă este vorba de un segment al corpului, mişcarea nu se va produce decât în măsura în care direcţia de mişcare corespunde unui grad de libertate al articulaţiei respective. În caz contrar, forţa va determina presiuni mai mici sau mai mari asupra structurilor articulare, iar dacă depăşeşte rezistenţa acestora poate luxa articulaţia.

În general, o forţă care acţionează asupra unui corp determină fie mişcarea lui, fie deformarea acestuia (când corpul nu poate fi mişcat). Evident o forţă de foarte mică intensitate comparativ cu massa corpului poate rămâne total ineficientă.

7.3. *RELAŢIA FORŢĂ – MIŞCARE*

7.3.1. *Unităţi de măsură*

Este locul să lămurim şi să definim câteva unităţi de măsură despre care s-a mai amintit şi se va mai aminti deseori în această monografie, problemă necesară deoarece vechiul sistem de măsuri „metru, kilogram, secundă, amper" a fost înlocuit cu „Sistemul Internaţional al Unităţilor" bazat pe 7 unităţi fundamentale.

Pentru ceea ce ne interesează în problemele de kinetologie vom aborda doar câteva unităţi:

a) Problema kilogram/forţă. Kilogramul rămâne unitatea pentru massă, iar în locul exprimării de kg/forţă azi se utilizează *„newtonul"* care reprezintă forţa care, aplicată unei masse de 1 kg, determină o acceleraţie de 1 m/sec^2.

Vechea unitate 1 kg/forţă = 9,81 N.

Amintim tot aici despre noţiunea de „densitate" tot ca unitate a massei, reprezentând massa unui corp pe unitatea de volum (kg/m^3).

b) Există o serie de alte unităţi derivate de la unitatea de newton (sau vechea kg/forţă).

• Astfel *„presiunea"* (sau „stressul") se măsoară în *„pascali"*, adică forţa pe unitate de suprafaţă.

1 Pa = 1 N/m^2 (1 newton pe m^2).

1 mmHg = 133,3 Pa.

• Alta este *„energia"* (sau „travaliul" = *„munca"*) măsurată prin *„jouli (J)"*. Energia determină capacitatea de a performa un travaliu (un lucru mecanic), iar acesta înseamnă forţă × distanţă.

1 J = 1 Nm

Există şi exprimarea în kilocalorii

1 Kcal = 4,183 Kj.

• De asemenea *„puterea"* se exprimă în *„Watti (W)"*. Pentru a reprezenta viteza cu care se realizează un lucru mecanic sau altfel spus, timpul în care o forţă realizează un travaliu.

Deci 1 W = 1 J/sec = 1 N × m/sec

1 cal putere = 736 W

c) În corelare cu noţiunea de *„forţă"*, se va discuta (chiar în acest capitol) despre termenul de *„torque"* fără a putea să-i dăm o traducere. *Torque-ul* este efectul de mişcare (în jurul unui ax) realizat de o forţă reprezentând „momentul forţei" (N × m).

d) În ceea ce priveşte unităţile ce se referă la timp, deja s-au precizat noţiunile şi valorile pentru *„acceleraţie" „velocitate"*, ca şi cea de *„moment"* (cantitatea de mişcare).

e) De asemenea, s-a precizat noţiunea de „radian" ca măsură a unghiului în plan. S-a văzut că 1 rad = 57,3° = θ (theta) atunci când raza devine egală cu arcul de cerc cuprins în unghiul θ.

Există o multitudine de alte exprimări ca unităţi de măsură pentru diverşi parametri măsurabili.

Spre exemplu, numai pentru forţă sunt 11-12 termeni (dyne, kilopond, stone, ton etc.), dar azi toţi sunt traduşi în newtoni.

Oricum în această lucrare se va evita folosirea altor termeni în afară de cei discutaţi mai sus.

7.3.2. *Legile mişcării*

Relaţia dintre forţă şi mişcare a fost analizată de Newton care a definit „legile mişcării".

a) ***Legea inerţiei:*** orice corp rămâne în starea sa de repaus sau mişcare uniformă în linie dreaptă dacă nu intervine o forţă din afară care să-i schimbe starea.

Aşadar, o forţă poate să oprească, să pornească sau să schimbe o mişcare.

În condiţiile gravitaţionale asupra corpului se exercită continuu forţe fără însă să apară mişcarea decât în momentul în care se produce un dezechilibru între acestea.

În subcapitolul despre mişcare s-a văzut că aceasta se exprimă în termeni ai velocităţii. De aceea, mai putem defini „inerţia" ca dificultatea cu care un obiect îşi modifică velocitatea.

Se consideră că *„massa"* unui corp reprezintă măsura cantitativă a inerţiei, massa fiind expresia în grame (măsura cantităţii de materie) a unui corp.

Spre exemplu, dacă 2 obiecte (A- greu şi B- uşor) se deplasează cu aceeaşi velocitate, este mai dificil să-i modificăm mişcarea lui A (să-i oprim, să-l încetinim, să-l accelerăm) căci el are o inerţie mai mare. Idem dacă vrem să punem în mişcare cele 2 obiecte.

De aceea se poate afirma că inerţia este o proprietate a materiei, dar ea nu se evidenţiază decât în momentul în care obiectul îşi modifică velocitatea.

Tendinţa naturală a mişcării oricărui obiect este de a fi lineară, uniformă şi continuă (dacă nici o forţă din afară nu ar perturba această mişcare). Dar, în orice situaţie, o forţă va acţiona sigur: este forţa gravitaţională şi tot sigur va exista o forţă de rezistenţă a mediului în care are loc mişcarea (ex. rezistenţa aerului).

Există forţe care fără să modifice mărimea vectorului (adică viteza) determină schimbări în direcţia vectorului, determinând o mişcare angulară. O astfel de forţă este *„forţa centripetă"* (F_c) direcţionată din interior şi egală cu:

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

unde: m = massa
v = velocitatea
r = raza curburii de-a lungul căreia se mişcă obiectul.

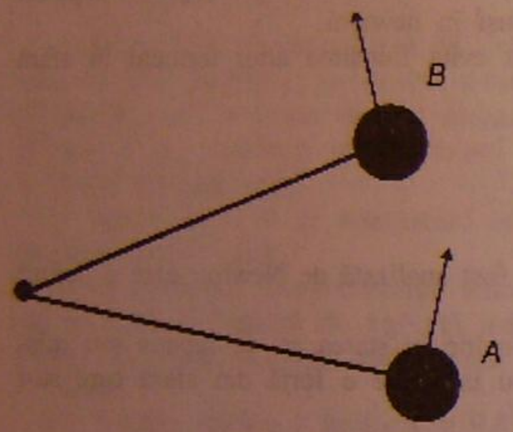


Fig. 7.10. – Bila este deplasată cu viteză constantă. Vectorul velocităţii este constant dar direcţia se modifică.

Un exemplu, în figura 7.10 expresia grafică a rotirii unei sfori care are la cap o greutate (ca la aruncarea ciocanului în atletism). Se observă că în poziţia B direcţia vectorului este schimbată faţă de poziţia A.

Din formula de mai sus reiese clar că F_c este cu atât mai mare cu cât „r" (lungimea sforii) este mai mic şi „m" mai mare (greutatea bilei).

La proba de aruncare a ciocanului contează desigur velocitatea la desprinderea lui din mână.

Din formula forţei centripete, scoţând velocitatea (v) obţinem:

$$v = \sqrt{\frac{F_c \cdot r}{m}}$$

Această formulă ne arată că o scădere a lui „r" (sârma ciocanului) şi o creştere a lui „m" va duce la scăderea lui „v", respectiv la scăderea distanţei de aruncare.

Un corp în mişcare este influenţat de prezenţa altor corpuri cu care vine în contact (planul mesei, al patului, apa, aerul etc.). Aceste corpuri tind să frâneze mişcarea primului corp datorită *„frecării"* între corpuri. Dacă am elimina teoretic, toate condiţiile generatoare de frecare, corpul în mişcare s-ar deplasa continuu cu o mişcare rectilinie uniformă. Frecarea însă face ca această mişcare să devină uniform încetinită până la oprirea mobilului. Pentru a-l menţine în mişcare trebuie să intervină o forţă exterioară continuă mai mare decât a forţei de frecare.

Între aceste forţe se stabileşte un raport numit *„coeficient de fricţiune"* egal cu forţa generatoare de mişcare împărţită la forţa de frecare dintre cele 2 corpuri.

Se poate vorbi de o fricţiune statică şi una dinamică, prima fiind mai mare. Aceasta înseamnă că fricţiunea la momentul punerii în mişcare a obiectului este mai mare decât forţa de fricţiune pe parcursul mişcării obiectului. Acest fenomen are reflectarea în noţiunea de inerţie de care se amintea mai sus.

Forţa de frecare este o problemă deosebit de importantă în kinetoterapie unde deseori suntem nevoiţi să realizăm tehnici kinetice care să reducă la maximum aceste forţe care sunt considerate „forţe rezistive" greu de învins de o forţă musculară foarte slabă.

b) ***Legea acceleraţiei:*** a doua lege a lui Newton, este definită astfel: „schimbarea momentului corpului este proporţională cu forţa aplicată şi are loc în direcţia în care vectorul forţă acţionează".

„Momentul" (G) este cantitatea de mişcare a unui corp la un moment dat şi reprezintă produsul între massa (m) a corpului şi velocitatea (v) a sa.

$$G = m \times v$$

Astfel, un alergător de 70 kg (m) care aleargă pe plat cu o viteză de 8 m/sec are un „moment" de 560 kgm/sec. Acest „moment" este doar o secvenţă în timpul alergării, el schimbându-se cu o anumită rapiditate. Această rată a schimbării momentului este pusă în ecuaţie prin elementul timp (t) astfel:

$$\frac{\Delta G}{\Delta t} = \frac{\Delta (mv)}{\Delta t}$$

dar Δm este constantă (70 kg) aşa că ce rămâne din raport $(\frac{\Delta v}{\Delta t})$ reprezintă formula acceleraţiei (a) aşa cum am văzut la începutul capitolului.

Forţa aplicată corpului în mişcare este proporţională cu rata schimbării momentului conform legii acceleraţiei.

$$F = \frac{\Delta G}{\Delta t} = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$$

Aşadar $F = m \cdot a$ reprezintă exprimarea algebrică a legii acceleraţiei a lui Newton. Din această formulă se deduce acceleraţia $a = F/m$. Înţelegem din această formulă de ce mişcarea pământului are o acceleraţie infimă căci are o massă enormă.

c) ***Legea acţiei şi reacţiei,*** cea de a 3-a lege newtoniană, defineşte realitatea că „orice acţiune determină o reacţiune opusă şi egală". Este interacţiunea între corpuri concepută ca pe o forţă care are efecte asupra ambelor corpuri.

Nu trebuie înţeles că un corp exercită strict o „acţiune" asupra altuia, iar acesta o „reacţie" asupra celui dintâi. De fapt, ambele interacţionează simultan şi din această interacţiune apare forţa.

Dacă facem o săritură am exercitat o forţă (acţie) asupra solului, iar acesta o reacţie (forţă) asupra noastră. Forţele sunt egale, dar opuse ca direcţie. Acceleraţia fiecărui corp (al nostru şi al pământului) depinde de massa fiecăruia (vezi mai sus). Este evident că acceleraţia corpului nostru care sare va fi infinit mai mare.

7.3.3. *Diagrama corpului liber*

Expresia „corpul liber" reprezintă un concept în care corpul (sau segmentele lui) este considerat ca o entitate izolată în spaţiu (ocupă un loc în spaţiu) şi având inerţie, fiind reprezentat ca un sistem rigid. Comportamentul intern al acestui sistem este determinat de relaţia între fenomenele care intră în sistem (inputul) şi cele care ies din el (outputul) (Lamarra, 1990).

În conceptul de „corp liber" inputul este reprezentat de forţele din afară care acţionează asupra lui, iar outputul este mişcarea sistemului determinată de aceste forţe.

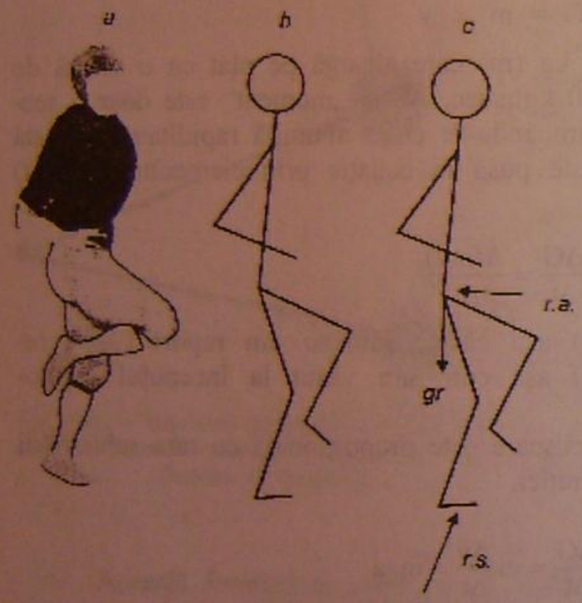


Fig. 7.11. – Evoluţia spre diagrama corpului liber. *r.a.* = rezistenţa aerului; *gr.* = greutatea corpului; *r.s.* = reacţia solului.

Diagrama sistemului este o reprezentare grafică simplificată pe baza căreia se pot aprecia forţele ce se exercită asupra corpului liber şi a rezultantei lor. Trebuie subliniat şi bine reţinut că această diagramă nu arată decât forţele externe care acţionează asupra corpului nu şi pe cele din interiorul lui (sistemului). Aşa, spre exemplu, asupra unui alergător se exercită 3 forţe din afară: rezistenţa aerului, reacţia solului şi propria greutate. Deci nu se iau în discuţie forţele musculare ale membrelor inferioare care realizează alergarea, căci ele sunt din interiorul sistemului (fig. 7.11).

Dacă diagrama corpului liber include 2 forţe, acestea trebuie să fie egale, opuse şi colineare, iar dacă sunt 3 forţe sau mai multe, ele trebuie să fie concurente, adică liniile lor de acţiune să conveargă căci altfel înseamnă că sistemul va fi dezechilibrat.

Plecându-se de la diagrama corpului liber se pot face analize extrem de importante pe segmente ale corpului (sisteme parţiale) asupra cărora se pot exercita forţe musculare care sunt forţe interne în conceptul corpului luat ca întreg, dar devenind forţe externe pentru o anumită parte a corpului, parte considerată ca sistem.

Iată exemplificată această concepţie prin analizarea mişcării de ridicare a unei haltere de la nivelul genunchilor la piept de către un halterofil, care permite calcularea forţei musculare implicate (fig. 7.12).

Se consideră un plan care trece prin şold apărând astfel 2 sisteme, deasupra şi dedesubtul planului.

• Să-l luăm ca exemplu de analiză pe cel de deasupra care cuprinde corpul superior şi haltera care va reprezenta „corpul liber", iar tot ce este în jur reprezintă mediul, inclusiv corpul inferior (membrele inferioare). Din figura 7.12 se văd forţele care acţionează asupra corpului superior („corpul liber". Astfel forţa gravitaţională este reprezentată de greutatea halterei (F_h) plus greutatea jumătăţii superioare a corpului (F_{gr}), iar vectorii acestor forţe sunt perpendiculari pe sol. Dinspre 1/2 inferioară a corpului (considerată în afara corpului liber) se exercită o forţă generată de la nivel articular de către ligamente, capsulă, contactul os pe os reprezentând forţa reacţiei articulare (F_{ra}). Această forţă are în diagramă o direcţie arbitrară căci practic ea este foarte greu de stabilit pentru fiecare caz în parte. Teoretic, ea trebuie să fie concurenţială cu cele care au vectori centrifugi.

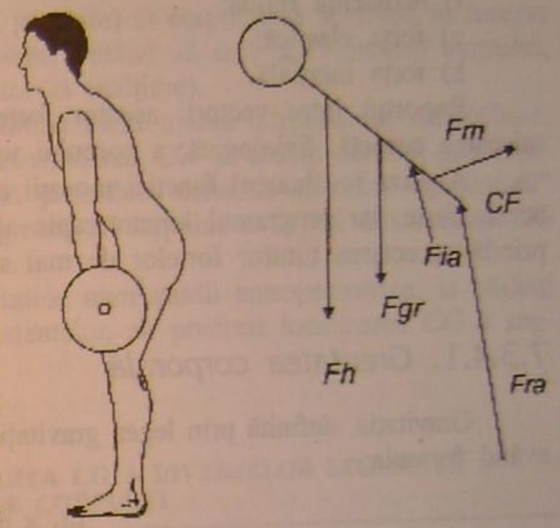


Fig. 7.12. – Diagrama ridicării de haltere. CF = artic. coxofemurală; F_{ra} = forţa reacţiei articulare; F_m = forţa musculară rezultantă; F_{ia} = forţa intraabdominală; F_h = forţa (greutatea) halterei; F_{gr} = forţa (greutatea) corpului superior.

Forţa F_m este rezultanta tuturor forţelor musculare care acţionează asupra coxofemuralelor pe unde trece planul corpului liber.

În sfârşit, F_{ia} este forţa dată de fluidele din cavitatea abdominală (presiunea intraabdominală) şi care are tendinţa să determine extensia corpului la nivelul coxofemuralelor. Această forţă are un mare rol de protejare a coloanei în timpul ridicării greutăţilor după cum F_m are drept consecinţă uzura lombară mai ales în prima parte a mişcării de ridicare a halterei de la nivelul genunchiului spre piept, deci când haltera este la genunchi-coapsă.

Aşadar toate forţele (F_{ra}, F_h, F_{ia}, F_m, F_{gr}) reprezintă cele 5 interacţiuni majore de forţe între sistem şi mediu.

7.3.4. *Forţele mişcării umane*

Din analiza relaţiei kinematică/kinetică la nivelul corpului uman au fost descrise 8 tipuri de forţe (incluse şi în diagrama corpului liber). Acestea sunt:

a) greutatea corporală;
b) reacţia solului;
c) reacţia articulară;
d) forţa musculară;
e) presiunea intraabdominală;

f) rezistenţa fluidă;
g) forţa elastică;
h) forţa inerţială.

Raportul între vectorii acestor forţe asigură stabilitatea, echilibrul şi mişcarea corectă, fiziologică, a corpului uman.

Analiza (evaluarea) funcţiei motorii a corpului trebuie să aibă în vedere aceste forţe, iar programul kinetoterapic al deficitelor motorii trebuie să cuprindă corectarea tuturor forţelor de mai sus care sunt deficitare.

7.3.4.1. *Greutatea corporală*

Gravitaţia, definită prin legea gravitaţiei a lui Newton, reprezintă o forţă având formula:

$$F = \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Aceasta înseamnă că în natură toate corpurile se atrag unele pe altele cu o forţă proporţională cu produsul masselor lor (m_1, m_2... etc.) şi invers proporţională cu pătratul distanţei dintre ele.

Pentru mişcarea corpului omenesc aceste forţe sunt neglijabile cu o singură şi importantă excepţie: „atracţia pământului". Mărimea acestei atracţii este greutatea corpului adică este funcţie de massa corpului şi distanţa corp-pământ.

Amintim aici că gravitaţia scade pe măsură ce ne ridicăm de la nivelul mării cu altitudinea. De aceea, la munte, a ridica o greutate, a sări etc. este mai uşor decât la malul mării căci efortul este mai mic. De aici, o primă concluzie: gravitaţia este implicată în controlul mobilităţii. Să amintim şi de modul în care se mişcă corpul în condiţii de imponderabilitate.

Asupra corpului forţa gravitaţională (respectiv greutatea corporală sau doar a unui segment de corp) acţionează *numai* pe direcţie verticală având o componentă „în jos", negativă, şi una „în sus" pozitivă adică forţa de reacţie a solului (vezi subcapitolul următor). Cele 2 forţe sunt egale după cum s-a arătat la cea de a 3-a lege a mişcării (acţiei şi reacţiei).

Vectorul forţei greutăţii corporale este vertical înspre pământ şi pleacă dintr-un punct al corpului numit *„centrul de gravitate"* (CG) care reprezintă punctul de echilibru al corpului faţă de care toate particulele corpului sunt egal distribuite.

Prin CG trece o linie verticală, linia centrului de gravitaţie care porneşte din creştetul capului trece prin CG (care este cam în dreptul vertebrei a 2-a sacrate) şi ajunge în poligonul de susţinere pe axa articulaţiilor tarsiene. Un corp este într-un echilibru cu atât mai stabil cu cât CG este mai aproape de poligonul de susţinere.

Dar centrul de gravitate (sau greutate) al corpului se schimbă în funcţie de poziţia segmentelor corpului uneori putând să iasă din conturul corpului, în afara lui (ex. situaţia unui săritor la înălţime).

În general, deci CG se schimbă când massa corpului se redistribuie, procedeul ce apare în mişcare. Determinarea CG în aceste condiţii este dificilă dar posibilă realizându-se prin procedeul denumit „analiză segmentară" adică aprecierea pentru fiecare segment al corpului a CG şi din acestea CG întregului corp.

În tabloul 7.II, redăm rezultatele unor studii antropometrice, la bărbaţi care, plecând de la greutăţile segmentelor, au precizat localizarea CG a segmentelor respective.

TABLOUL 7.II

GREUTATEA ŞI LOCALIZAREA CG A DIVERSELOR SEGMENTE ALE CORPULUI

Segmentul	*Greutatea – ca forţă (în N)*	*Localizarea C.G.* (%)*
Cap	0,032 × greutatea totală corp + 18,70	66,3
Trunchi	0,532 × — " — − 6,93	52,2
Braţ	0,022 × — " — + 4,73	50,7
Antebraţ	0,013 × — " — + 2,41	41,7
Mână	0,005 × — " — + 0,75	51,5
Coapsă	0,127 × — " — − 14,82	39,8
Gambă	0,044 × — " — − 1,75	41,3
Picior	0,009 × — " — + 2,48	40

* % = procentul din lungimea totală a segmentului respectiv pornind de la capătul proximal al lui.

Cum se face calculul greutăţii segmentului. Ex.: individ de 70 kg, adică 70 × 9,807 = 686,49 N;

1 kg forţă = 9,807 N

Pentru cap: greutatea cap = 0,032 × 686,49 = 21,96

21,96 + 18,7 = 40,66 N, adică 5,9% din greutatea întregului corp.

În mişcarea corpului, segmentele acestuia îşi schimbă poziţia unul faţă de altul, adică se deplasează (se rotează) în jurul unui ax. În această deplasare, s-a mai discutat, este importantă massa segmentului respectiv dar în acelaşi timp şi repartiţia de massă de-a lungul segmentului. Măsura acestei distribuţii se face prin *„momentul inerţiei"* care reprezintă = „o măsură a rezistenţei pe care o oferă un corp (segment) la o schimbare în mişcarea sa faţă de un ax", sau pe scurt o măsură a distribuţiei massei sale faţă de un ax.

Se consideră că există 3 axe principale, perpendiculare unele pe altele în jurul cărora se roteşte (se mişcă) un segment:

- axul latero-lateral;
- axul antero-posterior;
- axul longitudinal.

Momentul inerţiei scade pe măsură ce massa corpului este mai apropiată de axa de mişcare.

S-a vorbit mereu de segmente ale corpului. Figura 7.13 arată diagramatic cele 17 segmente în care este împărţit corpul omenesc.

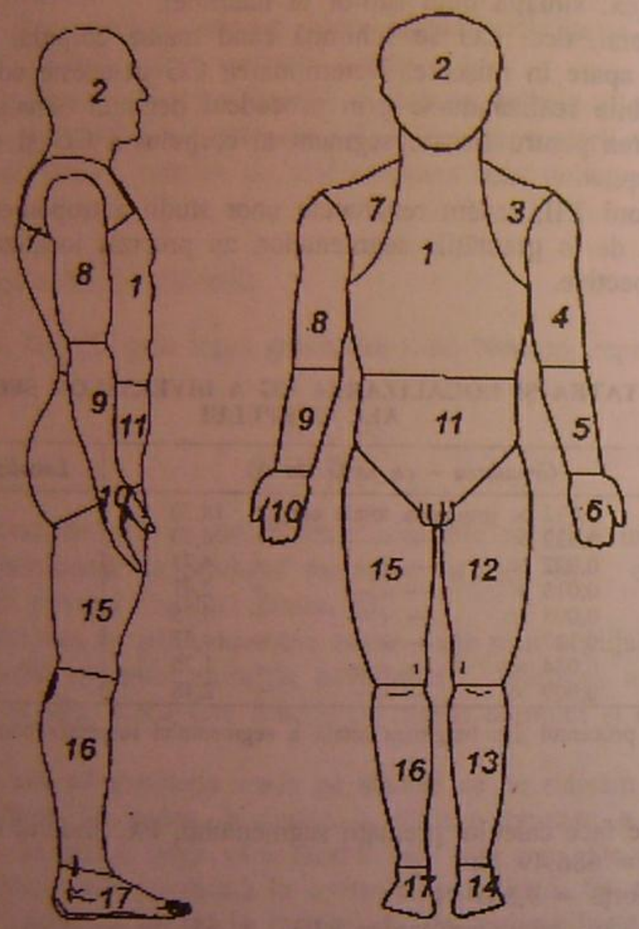


Fig. 7.13. – Diagrama segmentelor corpului.
1 = S. abdomino-toracic; *2* = S. capul; *3* = S. umăr stg.; *4* = S. braţ stg.; *5* = S. antebraţ stg.; *6* = S. mâna stg.; *7* = S. umăr dr.; *8* = S. braţ dr.; *9* = S. antebraţ dr.; *10* = S. mâna dr.; *11* = S. abdomino-pelvic; *12* = S. coapsă stg.; *13* = S. gambă stg.; *14* = S. picior stg.; *15* = S. coapsă dr.; *16* = S. gambă dr.; *17* = S. picior dr.

7.3.4.2. *Reacţia solului*

Forţa de reacţie a solului „menţine lucrurile să nu cadă spre centrul pământului" cum le place unor fizicieni să se exprime (E. Fuller).

Această forţă de reacţie a solului derivă din legea acţiei şi reacţiei reprezentând forţa de împingere de jos în sus a suprafeţelor orizontale de sprijin ale corpului. Ea este rezultanta a 3 componente vectoriale care au ca direcţii: verticală, antero-posterioară şi latero-laterală (transversală), toate transmiţându-se piciorului în timpul fazei de sprijin în mers sau alergare.

Mărimea forţei de reacţie este egală cu producătoarea acţiei care este dependentă de mărimea massei corpului şi de valoarea acceleraţiei a centrului de gravitaţie a acestuia.

Când un corp este în nemişcare, asupra solului acţionează doar massa corpului, respectiv forţa gravitaţională a lui care este cu atât mai mare cu cât massa corpului este mai mare. Când corpul se pune în mişcare, apare o acceleraţie care este percepută de sol ca o forţă ce trebuie contracarată prin mărirea forţei de reacţie a solului. De unde provine această forţă verticală în jos a acceleraţiei corpului în mers? Un corp în mers realizează o curbă oscilatorie „în sus şi în jos" cu o acceleraţie deci în sus şi jos.

Când executăm o săritură, forţa de reacţie a solului trece prin 4 faze:

1. Ne flectăm genunchii pregătindu-ne de sărit. CG coboară. Este faza iniţială când forţa de reacţie a solului este mai mică decât greutatea corporală (acceleraţia este negativă).

2. Sărim în sus, moment în care acceleraţia a devenit pozitivă, iar forţa de reacţie a solului este mai mare decât greutatea corpului.

3. În faza de plutire forţa de reacţie a solului cade la zero, CG se ridică peste nivelul de repaus, acceleraţia (componenta verticală) este cea mai negativă (-9,81 m/sec) egală cu valoarea gravitaţiei pământului.

4. Faza de revenire, de impact cu solul. Trebuie reţinut că forţa de reacţie devine mai mare decât greutatea corpului când vectorul de acceleraţie verticală a CG este în sus (pozitiv), este mai mică decât greutatea corpului când vectorul vertical de acceleraţie este cu direcţia în jos (negativ) şi sunt egale când nu există modificări în acceleraţia pe verticală. Este clar că forţa de reacţie a solului nu poate exista decât atunci când corpul este în sprijin.

În mers sau alergare, forţă de reacţie a solului nu avem decât în faza de sprijin a piciorului pe sol. Privind figura 7.14 (linia sprijinului în mers) se poate observa cât de diferită este valoarea forţei de reacţie a solului în perioada pasului de sprijin, fiind chiar ceva mai mare decât greutatea corporală la începutul acestei faze.

De asemenea, privind comparativ cele 2 linii ale forţei de reacţie (în mers şi alergare) se vede foarte clar marea diferenţă. Alergarea dă o forţă de reacţie mult mai mare decât greutatea corpului, curba are un singur vârf pe când în mers sunt 2 vârfuri.

În alergare, vârful curbei aşa de ridicat ne arată că reacţia solului determină o forţă direcţionată în sus (pozitivă) care contracarează tendinţa

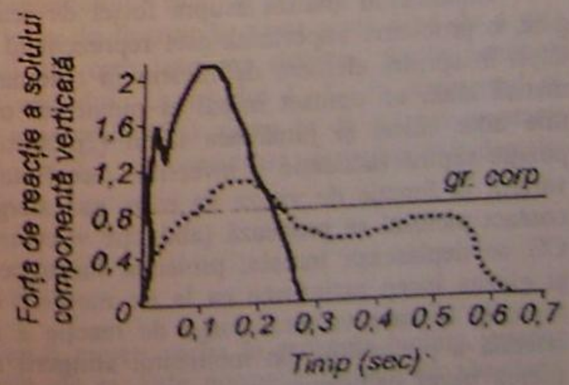


Fig. 7.14. – Vectorul vertical al forţei de reacţie în faza de sprijin în mers (•••) şi alergare (—).

vectorului vertical a CG care după ce a plutit se îndreaptă în jos cu o forţă de acceleraţie de 9,81 m/sec^2. Aceasta în ceea ce priveşte *componenta verticală* a acceleraţiei.

Când punem pasul jos (în mers sau alergare) acesta se află înaintea proiecţiei CG creând o *forţă orizontală*, de forfecare cu direcţia spre înainte (sensul de mers). Conform legii newtoniene a acţiei şi reacţiei, imediat solul determină o forţă de sens invers, cu direcţia spre înapoi (este componenta orizontală, antero-posterioară a forţei de reacţie, prima parte). În continuare, proiecţia CG se deplasează peste piciorul de sprijin trecând înaintea lui, componenta orizontală a forţei schimbându-şi direcţia, devenind dinapoi-înainte, adică realizând propulsia.

Cea de a 3-a componentă a forţei de reacţie, *forţa latero-laterală*, este dificil de demonstrat, în general este mai puţin importantă şi se pare că se corelează bine cu poziţia liniei mediane a piciorului când acesta intră în contact cu solul (Williams, 1985). Este de înţeles atunci importanţa deviaţiilor piciorului (picior valg, var etc.) în generarea acestei forţe şi de ce apar suferinţe în timp ale piciorului.

Toate datele de mai sus au o deosebită importanţă în studiul mersului sau alergării în condiţii normale şi mai ales patologice. Ele reprezintă baza de la care pornim pentru înţelegerea tulburărilor de mers şi pentru construirea unui program de recuperare al lui.

Iată o exemplificare: Viteza de alergare (sau mers) deoarece antrenează schimbări în acţiunea segmentelor corpului acestea se reflectă în forţa de reacţie a solului. Dacă, de exemplu, mărim viteza de la 3 la 5 m/sec, timpul de sprijin pe picior scade (în medie) de la 270 la 190 ms, iar vârful forţei de reacţie (a vectorului pozitiv) creşte de la 2,51 × greutatea corpului la 2,83 × g. corp, iar media forţei fazei de sprijin creşte de la 1,4 × g. corp la 1,7 × g. corp.

De asemenea, forţa orizontală de propulsie creşte şi ea (Munro, Miller, Fuglevand, 1987).

Continuând analiza asupra forţei de reacţie a solului în mers sau alergare, o problemă importantă este reprezentată de distribuţia forţelor la nivelul tălpii în sprijin, element definitoriu în cinematica piciorului. Studiile de cinematică arată un contact iniţial al piciorului cu solul la nivelul marginii laterale între călcâi şi jumătatea tălpii („piciorul de mijloc"), piciorul fiind în poziţie supină (adducţie + inversie). Acest atac al solului poate prezenta mici variaţii în funcţie de viteza de mers sau alergat. După această primă fază de contact piciorul se pronează (abducţie + eversie), iar glezna se dorsiflectează. CG se deplasează înainte, proiecţia lui trece înaintea piciorului, genunchiul şi glezna încep extinderea ca la un moment dat piciorul să părăsească solul, moment în care vectorul forţei de reacţie a solului se mută de la marginea laterală a piciorului, din momentul atingerii solului spre un punct din apropierea bazei halucelui.

Cu ajutorul aparatelor cu senzori de înregistrare a sute (chiar mii) de puncte de presiune pe talpă s-a concluzionat că presiunile cele mai mari se

exercită pe primul metatarsian şi halux, cât şi pe marginea laterală. Punctul de aplicare al rezultantei forţelor de reacţie ale solului se numeşte *„centrul de presiune"* care se află în mijlocul zonei de presiune în funcţie de faza sustenţiei; mijlocul antepiciorului, piciorului mijlociu sau piciorul posterior.

7.3.4.3. *Forţa de reacţie articulară (fra)*

Reprezintă forţa de la nivelul contactului a 2 segmente adiacente, contactul „os pe os", transmisă de la un segment la altul şi care se datorează muşchilor, ligamentelor, capsulei şi forţei de contact.

Desigur că rolul principal în această forţă îl joacă (co)contracţia muşchilor care traversează articulaţia. După cum se ştie, forţa musculară are o componentă tangenţială, care tinde să mişte segmentul, şi una care se transmite articulaţiei ca o forţă compresivă.

Contribuţia ligamentelor la fra este sigură, dar controversată ca interpretare. Cei mai mulţi o consideră că intră în joc în zona amplitudinilor maxime ale segmentelor, ca şi în unele momente de încărcare mare articulară (Amis, Dowson, Wright, 1980).

În rest, rolul este mic.

O forţă aplicată în lungul unui segment se va transmite la toate segmentele adiacente prin intermediul osului, corp rigid. Astfel forţa de reacţie a solului se transmite prin tot scheletul, vibraţiile acestei forţe putându-se recepţiona în vertex.

Fra se exercită ca o compresie pe suprafeţele articulare ea putând ajunge la valori foarte mari. Variază enorm de mult cu poziţia şi tipul de mişcare al corpului dintr-un anumit moment. Astfel, este diferită în mers, alergat, stând, ridicând greutăţi, sărind, aplecat etc.

Harrison şi colab. (1986) găsesc că în alergare (4,5 m/sec) la jumătatea fazei de sprijin fra la nivelul genunchiului este de 33 de ori greutatea corpului, la gleznă doar de 9 ori (forţa de frecare la acest nivel fiind de 4 ori).

Dacă ne flectăm genunchii din orto, apoi ne ridicăm, fra în genunchi devine de 4,7-5,6 ori greutatea corpului. La nivelul L_4-L_5 în momentul ridicării unei greutăţi, forţele de compresie (fra) ajung la de 17 ori greutatea corpului, iar cele de forfecare de 2,3 ori greutatea corpului (Cholewcki, McGill, 1991).

7.3.4.4. *Forţa musculară (fm)*

Despre această problemă va fi mereu vorba în prezenta lucrare, tratându-se sub cele mai variate aspecte ale ei. Este normală o astfel de abordare, deoarece mişcarea umană nu este decât consecinţa interacţiunii între muşchi şi ambientalul lui.

Mişcarea unui corp se realizează fie prin „împingerea“ lui, fie prin „tracţiunea“ lui.

Sub raport mecanic, muşchiul nu poate exercita decât o forţă de tracţiune (muşchi – tendon – os = tracţiune segment). Muşchiul deci nu poate realiza forţă de împingere (de compresie).

Dar, atenţie, prin forţa sa de tracţiune, muşchiul transmite de-a lungul segmentului osos o forţă care la nivelul articular se transformă în forţă „os pe os“ care este de fapt o forţă de compresie (vezi forţa de reacţie articulară) la care se adaugă componenta tangenţială a forţei musculare.

Aşadar, la nivelul articular, mişcarea nu este dată de *„forţa absolută“* musculară, ci doar de o parte a ei, numită *„forţa netă“*, căci cealaltă parte realizează *„forţa de reacţie articulară“* sau *„forţa os pe os“* cum se mai numeşte. De fapt, aşa cum s-a arătat, muşchiul prin contracţia sa contribuie doar cu o parte (cea mai importantă) la forţa „os pe os“, restul reprezentând contribuţia ligamentelor şi capsulei ca şi a factorilor externi (forţa de reacţie a solului).

Desigur, pentru noi aprecierea valorii forţei musculare se face prin efectul ei asupra mişcării segmentului fiind vorba deci doar de „forţa netă“.

Capacitatea de acţiune a unui muşchi este unidirecţională, mişcarea fiind realizată de cel puţin un cuplu muscular antagonist (agonist-antagonist) bineînţeles în absenţa oricărei alte forţe din afară.

Mişcarea într-o direcţie nu înseamnă că este controlată doar de unul din muşchii cuplului (ex. pentru flexie-flexorul, pentru extensie-extensorul etc.). Acest aspect simplist este real (prin contracţii concentrice) doar atâta timp cât nu apare influenţa gravitaţiei în care caz flexorul poate controla extensia şi extensorul flexia şi aceasta prin contracţiile excentrice.

Analiza oricărei mişcări trebuie să ţină seama de raportul între poziţia segmentului şi linia gravitaţională dar, aşa cum se va vedea mai jos, şi de viteza de execuţie a respectivei mişcări.

Iată de ce:

a) Considerăm un subiect în decubit dorsal, membrele superioare pe lângă corp. Se ridică lent antebraţul (de la 0°-90°). Această mişcare este realizată de flexorii cotului prin contracţie concentrică. Cum trecem de 90° mişcarea în continuare (lentă) este realizată de contracţia excentrică a extensorilor cotului. Aşadar, schimbarea s-a produs în momentul încrucişării antebraţului cu linia gravitaţiei.

Aceeaşi mişcare de flexie a antebraţului, dar executată din ortostatism nu va încrucişa niciodată linia gravitaţională şi deci nu se va produce nici o schimbare de grup muscular în acţiune, rămân doar flexorii cotului într-o continuă contracţie concentrică.

Sau dacă lovim lent cu piciorul o minge, această mişcare nu încrucişează de asemenea niciodată axa gravitaţională. Paradoxal, dar întreaga această mişcare este controlată *numai* de flexorii genunchiului, iniţial prin contracţia lor concentrică, apoi de la flexia de 90° prin „căderea“ de revenire a gambei intră în joc contracţia excentrică a aceloraşi muşchi flexori.

Aceasta este o analiză qvasi statică, căci se realizează un exerciţiu cu o acceleraţie minimă.

Evident că multe alte astfel de analize de mişcare a diverselor segmente ale corpului pot fi făcute.

b) Lucrurile însă se pot schimba fundamental dacă facem o analiză dinamică a unei mişcări, adică a unei mişcări executată cu viteză (acceleraţie) mare căci mişcările executate rapid alterează aproape complet schema de activitate a grupelor musculare care execută lent acea mişcare. Cauza: forţele inerţiale.

Spre deosebire de analiza qvasi statică de mai sus, în mişcarea de lovire cu piciorul a mingii analizată acum dinamic, adică aşa cum se întâmplă în fotbal, controlul este realizat de extensorii genunchiului cu excepţia strict a primei faze în care intră în joc flexorii genunchiului. După acest prim moment, în faza următoare avem contracţia excentrică a cvadricepsului pentru ca, în final, să se producă o puternică contracţie concentrică a aceloraşi extensori.

Aşadar, sistemul nervos controlează diferit mişcările lente şi rapide, activitatea musculară netă schimbându-se cu viteza mişcării pentru a acomoda efectele inerţiale. Mişcarea rapidă, din acest motiv, implică obligatoriu secvenţa concentric-excentric (sau invers).

7.3.4.4.1. *Aprecierea forţei musculare*

Forţa musculară este reprezentată ca un vector având o mărime şi o direcţie precizată. Dar ambii aceşti parametri sunt dificil de măsurat.

Pentru a aprecia real forţa musculară ar trebui să o măsurăm la nivelul tendonului care preia această forţă, dar este complicat.

În general, utilizăm măsurători indirecte.

I. Cea mai curentă este determinarea *„suprafeţei de secţiune“* (Frick, 1904). Astăzi, această determinare se face cu relativă uşurinţă prin ecografie, rezonanţă magnetică, computer tomograf. Valoarea este de cca 30 N/cm^2 (cu variaţie între 16 şi 40 N/cm^2), adică pentru fiecare 1 cm^2 de secţiune, muşchiul produce o forţă de 30 N (forţă denumită în 1992 de către Roy şi Edgerton *„tensiune specifică“*).

F_m = tensiunea specifică × suprafaţa de secţiune (în cm).

„Tensiunea specifică“ este o măsură a capacităţii muşchiului de a exercita o forţă care este independentă de cantitatea de muşchi.

În calculele teoretice, valoarea tensiunii specifice a muşchilor este luată de 30 N/cm^2, dar de fapt ea este variabilă (între 16 şi 40 N/cm^2) de la muşchi la muşchi. Această variaţie, teoretic, poate ţine de o serie de factori ca: tipul de fibră musculară, sex, arhitectura muşchiului, structura ţesutului conjunctiv muscular.

- Tipul de fibră are o influenţă redusă asupra tensiunii specifice. Astfel, fibrele rapide dau o tensiune de 25,4 N/cm^2, iar cele lente 23,8 N/cm^2. Este adevărat că muşchii antigravitaţionali (ex. extensorii genunchiului) sunt de

două ori mai puternici decât ischiogambierii, dar aceasta se datorează în primul rând volumului lor.

• Bărbaţii au în mod evident o forţă musculară mai mare ca femeile, dar şi aici există diferenţe de massă musculară (testosteronul stimulează mai eficient sinteza proteinelor musculare decât estrogenii). Deci atât tipul fibrei cât şi sexul nu par să influenţeze tensiunea specifică musculară propriu-zisă, ci doar mărimea finală a forţei.

• Arhitectura muşchiului pare să aibă un rol mai evident. Despre rolul arhitecturii muşchiului asupra forţei musculare se discută mai pe larg în alt capitol.

• Un rol decisiv trebuie să-l joace modul de transmitere a forţei musculare de la nivelul secţiunii la tendon, proces în care este implicat ţesutul conjunctiv al muşchiului. Problema este clară teoretic (pe model fizic), dar greu de evidenţiat biologic.

II. *Electromiografia* este o altă metodă, alături de calculul suprafeţei de secţiune, pentru aprecierea cuantificată a forţei musculare.

EMG măsoară activitatea electrică a muşchiului ori aceasta este în raport direct cu semnalele de activitate de la SN. În special în contracţia isometrică mărimea undei EMG este perfect corelată cu forţa musculară aşa cum au arătat pentru prima dată Bigland şi Lippold în 1954 şi reconfirmată de Lawrance şi DeLuca în 1983.

Pentru contracţia isotonă cu rezistenţă (concentrică sau excentrică) este adevărat că EMG nu mai este la fel de exact în corelarea cu mărimea forţei musculare. În ultimul timp, se încearcă crearea unui algoritm EMG ce face posibilă estimarea forţei musculare şi în cazul acestor tipuri de contracţie (Marras şi Sommerich, 1991).

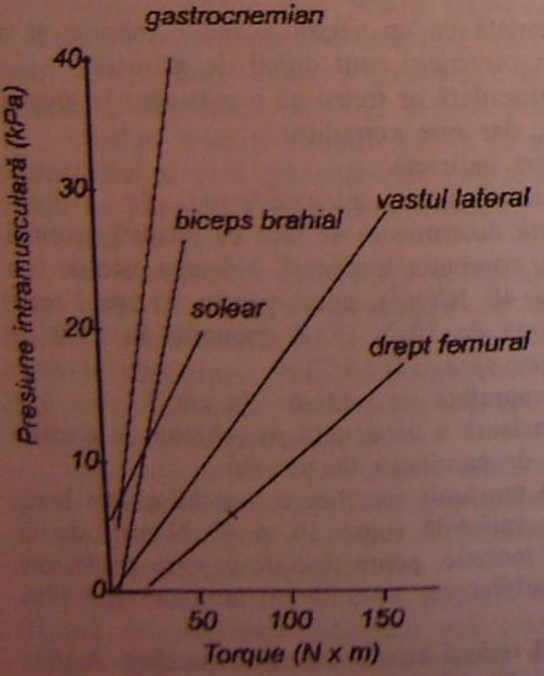


Fig. 7.15. – Corelarea între cei 2 parametri în contracţia isometrică (după T. Sadamoto şi Y. Suzuki).

III. Încercarea de a aprecia mărimea forţei musculare prin *înregistrarea presiunii intramusculare* cu ajutorul unui cateter introdus în massa muşchiului şi legat la un manometru este evident o metodă invazivă, neplăcută şi nu foarte fidelă (mai puţin exactă decât EMG-ul).

În figura 7.15, este redat un grafic rezultat din corelarea presiunii intramusculare şi mărimea torque-ului în timpul contracţiei isometrice. Se poate vedea pentru mai mulţi muşchi că presiunea intramusculară creşte linear cu torque-ul muscular, dar panta acestei creşteri este diferită de la muşchi la muşchi.

7.3.4.5. *Presiunea intraabdominală*

Conţinutul intraabdominal este format din material vâscos şi lichidian fapt care face să fie considerat ca necompresibil putând transmite forţele musculare ce înconjoară abdomenul spre structurile de susţinere a toracelui. Grupurile musculare considerate sunt:

• anterior – drepţii abdominali, oblici, transversul;
• superior – diafragmul;
• inferior – muşchii planşeului pelvin.

Presiunea intraabdominală creşte în manevra Valsalva, în activarea musculaturii trunchiului (concomitent cu cea intratoracică), în timpul ridicării de greutăţi şi sărituri (creşte şi cea intratoracică).

Presiunea intraabdominală fiind realizată într-un spaţiu închis ea se exercită asupra pereţilor cavităţii abdominale.

O presiune intraabdominală crescută este un factor de protecţie a musculaturii spatelui în efortul de ridicare a greutăţilor. Dacă n-ar intra în calculul forţelor s-ar înregistra un efort în muşchii spatelui şi şoldurilor de 8 233 N şi o forţă de reacţie articulară de 9 216 N. Dacă introducem în calcul presiunea intraabdominală, forţele de mai sus se reduc la 6 400 N şi respectiv 6 599 N.

Este motivul pentru care halterofilii poartă centuri rigide abdominale care aduc o creştere a presiunii intraabdominale.

Presiunea intraabdominală se măsoară prin cateter traductor introdus intraabdominal.

Nachemson şi colab. (1986) arată că în manevra Valsalva creşte presiunea intraabdominală dar creşte şi presiunea pe discul intravertebral. Studii ulterioare au arătat că: dacă trunchiul este anteflectat cu 0,53 rad şi individul ridică 8 kg având braţele întinse, o manevră Valsalva concomitentă creşte presiunea intraabdominală de la 4,35 kPa la 8,25 kPa şi reduce presiunea intradiscală de la 1,625 kPa la 1,489 kPa.

Atenţie, această manevră nu este recomandată în kinetoterapie deoarece creşte şi presiunea intratoracică blocând întoarcerea venoasă. Din contră, efortul de ridicare trebuie să se facă pe expir.

7.3.4.6. *Rezistenţa fluidă*

Mişcarea unui corp este influenţată de mediul fluid (gaz sau lichid) în care ea se execută. O parte din energia corpului în mişcare se transferă me-

diului, iar mărimea acestui transfer este în funcţie de gradul de perturbare al fluidului produs de corpul în mişcare.

„Rezistenţa fluidă" este tocmai acest transfer de energie. Transferul (deci rezistenţa fluidă) creşte cu viteza de mişcare a corpului.

Particulele mediului fluid se aranjează înaintea şi pe laturile corpului în straturi liniare care se mişcă odată cu corpul. Structurile care sunt în contact cu corpul au velocitatea cea mai mică căci la acest nivel există fricţiuni *(„fricţiunea de dâră")*. Straturile mai periferice au velocităţi mai mari. Valoarea velocităţii fluidului dă şi mărimea presiunii fluidului conform principiului Bernoulli care spune că: „presiunea fluidului este invers proporţională cu velocitatea lui".

Când viteza creşte mult sau obiectul are un front neregulat straturile mediului nu se mai dispun linear, ci devin turbulente, în care caz presiunea straturilor creşte.

Rezistenţa fluidului = kAv^2, în care:

k = o constantă;

A = aria proiectată înaintea obiectului (frontul care taie fluidul);

v = velocitatea fluidului în raport cu obiectul.

Studiul rezistenţei fluide este extrem de important pentru obţinerea de performanţe în schiul la trambulină, paraşutism, delta plan, ciclişti, curse auto, schi alpin, înot etc.

7.3.4.7. *Forţa elastică*

Despre această problemă se va mai discuta cu ocazia bazelor anatomice ale structurilor conjunctive ale aparatului kinetic (tendon, ligament), dar aici problema este abordată prin aspectele ei fizice, teoretice.

Datorită compoziţiei ei şi organizării moleculare a unui corp acesta, dacă este tracţionat, se poate întinde. Acest proces se supune formulei: $F = k \cdot x$

F = forţa de tracţiune, k = rezistenţa corpului la întindere,

x = mărimea întinderii (deformării).

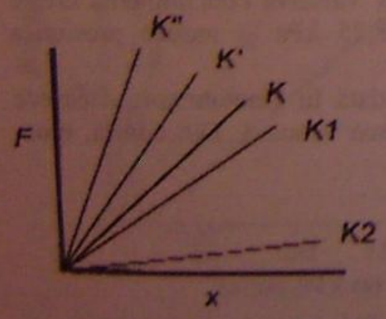


Fig. 7.16. – Raportul între forţa de tracţiune şi deformare (vezi textul).

Este evident că dacă K este mare, trebuie să creştem pe F ca să obţinem o variaţie de deformare (Δx).

Figura 7.16 arată această relaţie. Se poate vedea că cu cât rezistenţa materialului este mai mică, cu atât dreapta K este mai joasă (K_1, K_2) şi invers (K', K"). Întinderea unui ţesut elastic se poate realiza cu revenire la lungimea iniţială (zona elastică) sau, dacă întinderea este mai intensă, fără ca ţesutul să revină la lungimea iniţială rămânând mai alungit definitiv sau pe o durată lungă (zona

plastică). Foarte mulţi factori influenţează acest comportament: tipul ţesutului, sexul, vârsta, starea de sănătate sau nu locală, căldura, frigul etc.

Raportul forţă/deformare se exprimă în literatura de specialitate ca relaţia sress/strain care nu au corespondent în româneşte ca noţiuni.

Stress (Pa) = forţa aplicată pe unitate de suprafaţă a ţesutului, unde suprafaţa este măsurată în planul perpendicular pe vectorul forţei.

Strain (%) = schimbarea în lungime a ţesuturilor faţă de lungimea iniţială.

Strain-ul fiziologic în tendon şi ligamente este de 2%-5%. La 8% tendonul se rupe (Alexander, Ker, 1990).

Zona elastică a raportului stress/strain este caracterizată de „modulul de elasticitate" (E), adică valoarea alungirii ţesutului cu revenire la nivelul iniţial.

În kinetoterapie raportul stress/strain este important cel puţin din două motive:

– Arată capacitatea unui ţesut de a stoca energie elastică, denumită *„strain energy"*, energie acumulată în timpul întinderii şi care apoi, prin restituire, poate fi utilizată în travaliu reprezintă „forţa elastică". Restituirea readuce lungimea ţesutului la valoarea iniţială.

Despre modul în care muşchiul utilizează forţa elastică şi care este rolul acestei forţe în mişcare (şi mai ales în sport) se va discuta într-un alt capitol.

– Dacă întinderea se efectuează în zona plastică se realizează o reorganizare a structurii materiei corpului respectiv, dar şi o slăbire a lui. Această întindere stă la baza tehnicii kinetice de creştere a amplitudinii de mişcare articulară *(stretching)*.

7.3.4.8. *Forţa inerţială*

S-a discutat la începutul acestui capitol despre legea inerţiei a lui Newton. S-au putut trage câteva concluzii:

- Un obiect în mişcare continuă această mişcare în linie dreaptă şi la o viteză constantă dacă nu se exercită asupra lui vreo forţă;
- Deci inerţia reprezintă rezistenţa obiectului la orice încercare de schimbare a stării sale (de mişcare sau repaus);
- Un obiect în mişcare poate, datorită inerţiei sale, să exercite o forţă asupra unui alt corp. Iată un exemplu: Braţ la orizontală, antebraţ la 90°, mână relaxată. Se execută foarte repede flexii-extensii de antebraţ. Se observă cum mâna începe să execute pasiv mişcări oscilatorii determinate de forţa inerţială a antebraţului transmisă mâinii pe care o mişcă.

Forţele inerţiale sunt foarte importante căci creează „cupluri mecanice" puternice între segmentele corpului (mai ales în mers şi alergare). Astfel analizând mersul constatăm că în prima parte a fazei oscilatorii flexorii şoldului intră în acţiune, dar şi extensorii genunchiului – deşi în acel moment se produce flexia CF şi flexia G (aceasta prin efectul gravitaţiei şi nu a con-

tracţiei ischiogambierilor). Extensorii genunchiului au intrat în contracţie (excentrică) tocmai pentru a controla căderea brutală în flexie a gambei. În partea a doua a oscilaţiei (chiar înainte de a pune piciorul pe sol) se produce extensia pasiv-gravitaţională a genunchiului (coxofemurala se extinde activ) mişcare controlată de flexorii genunchiului. Deci, atenţie! flexia şi extensia gambei în această fază a mersului (oscilatorie) sunt controlate de antagonişti şi sunt rezultatul forţei inerţiale determinată de mişcările active ale coapsei.

Un exemplu pentru întregul corp: un aruncător de ciocan, rotindu-se, creează o forţă centrifugă a ciocanului care se manifestă într-un anumit moment al rotirii care, dacă se pierde forţa centrifugă, va scădea brusc şi atunci forţa inerţială se va întoarce spre aruncător (centripetă).

Este evident, deci, de ce forţele inerţiale trebuie bine analizate în kinetica umană.

7.3.5. *Torque-ul*

Este locul să acordăm mai multă atenţie acestei noţiuni care a mai fost amintită în text şi va mai fi reluată în capitolele următoare.

Termenul nu poate fi tradus într-un cuvânt în româneşte deoarece nu există echivalent.

Torque-ul sau *„momentul forţei"* se defineşte drept „capacitatea unei forţe de a produce rotaţia (mişcarea) unui segment în jurul unui ax". Am mai amintit că în această definiţie nu este vorba de rotaţie stricto-sensum (adică mişcarea unui corp în jurul propriei axe), ci de mişcarea segmentului în jurul unei axe care trece prin articulaţia unde se face mişcarea, aceasta putând fi flexie, extensie, abducţie etc.

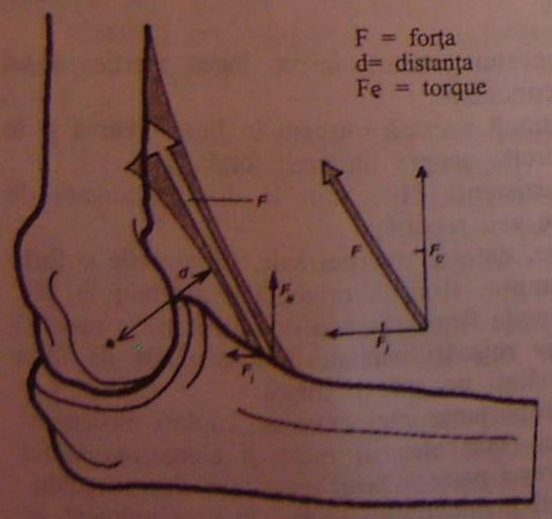


Fig. 7.17. – Schema forţelor articulare.

Torque-ul este deci produsul între forţa musculară şi „braţul momentului" (distanţa perpendiculară între axul de rotaţie şi vectorul forţei, această distanţă este cea mai mică) (fig. 7.17.):

$$Tq = F \cdot d = N \cdot m$$
(m = metri)

Ceva mai înainte defineam „momentul" drept „cantitatea de mişcare a unui corp" exprimată de produsul între massă şi velocitate. Reamintim că 1 N (newtonul) este forţa aplicată la o massă de 1 kg căreia îi imprimă o acceleraţie de 1 m/sec.

În acest fel „momentul" şi „torque-ul" devin sinonime. Ele se descriu ca: pozitive sau negative, în sensul acelor ceasornicului sau invers, sau prin alte convenţii.

Să analizăm figura 7.18, cu cele 4 situaţii.

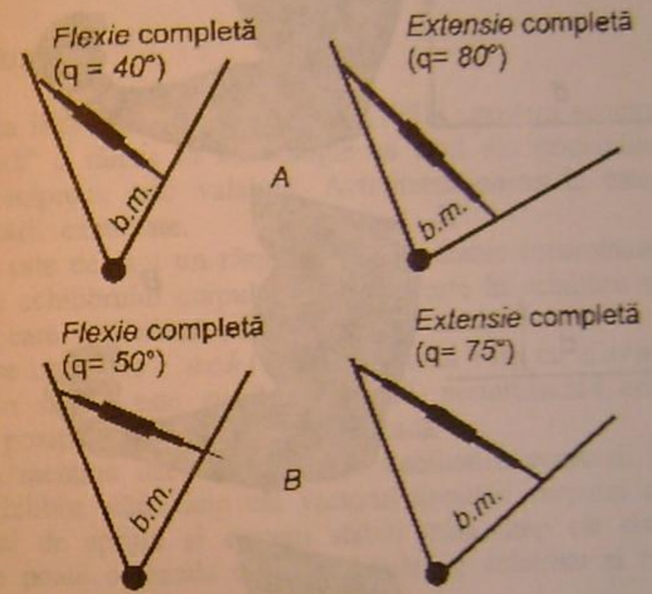


Fig. 7.18. – Raportul între braţul momentului (b.m.) şi unghiul de amplitudine al mişcării.

În cazul A, atât în flexie cât şi în extensie, braţul momentului (b.m.) este mai mic decât în cazul B ceea ce înseamnă că muşchiul îşi va modifica puţin lungimea pentru o schimbare de unghi între segmente ceea ce nu se întâmplă în cazul B.

Se poate face chiar o corelare pozitivă între lungimea fibrei musculare şi mărimea braţului momentului.

Dacă vectorul forţei trece chiar prin articulaţie (0) nu există o perpendiculară care să determine braţul momentului, deci vom avea un torque sau moment zero.

Figura 7.19. încearcă o exemplificare a noţiunilor de mai sus.

Există 2 căi de a creşte efectiv „momentul". Fie prin creşterea forţei sau/şi prin creşterea distanţei la care forţa este aplicată.

7.4. *STRATEGIILE MIŞCĂRII**

Organismul nostru are o multitudine de opţiuni disponibile de a realiza diferite activităţi, mişcări. Putem merge, sări, alerga, înota, arunca, trage,

* Acest subcapitol trebuie considerat ca auxiliar al capitolului: „Controlul motor".

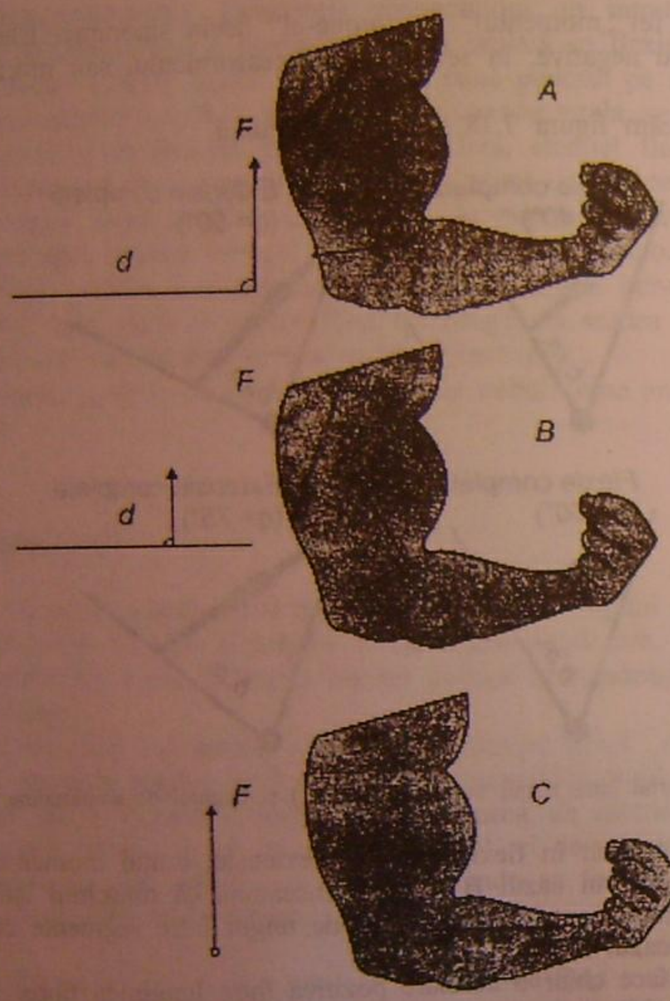


Fig. 7.19. – Raport între braţul momentului şi forţă (după G. Soderberg).

împinge, răsuci etc. etc. Aceste acţiuni se pot realiza prin interacţiunea între centrii suprasegmentari şi sistemul de organizare musculoscheletal efector. De fapt noi utilizăm doar o mică parte (la un moment dat) din paleta largă a opţiunilor disponibile pentru activităţile noastre. Întrebarea care se pune este cum realizează SN alegerea din opţiunile care le are la dispoziţie? Răspunsul este: prin recurgerea la „strategii ale mişcării" adică la scheme de activităţi neurale asociate diferitelor tipuri de mişcări. Aceste scheme reprezintă „programe motorii" care nu sunt decât comenzi stereotipe trimise de la măduvă spre muşchi pentru a se realiza un anumit comportament motor specific. Aceste programe au mai fost numite „engrame".

Dar pentru ca un sistem să se mişte nu este suficient să i se trimită „programul motor", ci trebuie să i se asigure şi stabilitate sistemului, stabilitate care este asigurată de postură.

Deci, de câte ori se vorbeşte de „mişcare", implicit trebuie să avem în vedere „postura" sub care se realizează. Deşi indisolubil legate aceste două noţiuni, le vom prezenta desigur separat.

7.4.1. *Postura*

Afirmaţia istorică a lui Sherrington (1931) „postura acompaniază mişcarea ca o umbră" a rămas în kinetologie ca unul din principiile de bază ale acesteia. Şi reciproca este valabilă. Activitatea posturală este automată şi specifică mişcării exercitate.

Postura este de fapt un răspuns neuro-mecanic (neuromuscular) cu scopul menţinerii echilibrului corpului. Un corp este în echilibru când suma tuturor forţelor care acţionează asupra lui este zero.

Să nu se confunde *„echilibrul"* unui corp cu *„stabilitatea"* unui corp. Un sistem este stabil doar când, perturbându-i echilibrul, el se reîntoarce la poziţia de echilibru fără să cadă.

Postura menţine deci echilibrul şi stabilitatea corpului. În ortostatism suntem în echilibru atâta timp cât vectorul greutăţii corpului cade în interiorul suprafeţei de sprijin şi suntem stabili atâta timp cât sistemul musculoscheletal se poate comanda cu perturbările de echilibru şi readuce corpul în poziţia de echilibru.

Stabilitatea este invers proporţională cu înălţimea centrului de gravitaţie al corpului şi direct proporţională cu mărimea bazei de susţinere.

Menţinerea corpului în poziţie dreaptă, echilibrată, reprezintă de fapt scopul principal al controlului postural la om.

Se acceptă de mult că acest control postural este realizat prin feedbackul informaţiilor somatosensitive (fusul muscular, receptorii articulari, mecanoceptorii cutanaţi), vestibulare şi vizuale, dar suntem încă departe de a înţelege foarte bine acest mecanism. Acest fapt se datorează şi unor studii cu concluzii discrepante, studii care au pornit de la modele de lucru diferite.

Majoritatea studiilor s-au făcut plecând de la crearea dezechililbrării corpului aşezat pe platforme mişcătoare cu parametrii variabili (direcţia de mişcare, amplitudinea, viteza mişcării). Alte studii critică caracterul artificial, provocat, al celor de mai sus şi susţin necesitatea studierii controlului postural în condiţii fiziologice, de ortostatism, mers etc. (astfel de studii sunt încă puţine).

Horak şi colab. (1986) introduc noţiunea de „strategie" dinamică pentru menţinerea echilibrului corpului. Am avea astfel o *„strategie a gleznelor"*, *„strategia şoldurilor"*, *„strategia trunchiului"* şi *„strategia paşilor"*. Este vorba, de fapt, de locul şi modul în care corpul caută să-şi refacă echilibrul. Astfel, o mică dezechilibrare este prompt redusă prin balansul la nivelul gleznelor. Depăşirea acestui prim punct de control face să intre în joc strategia şoldurilor care este mai amplă. Depăşirea şi acestei posibilităţi de compensare este preluată de trunchiul care

este considerat ca cel mai important segment pentru refacerea echilibrului şi stabilităţii.

Strategia paşilor, adică executarea a 1-2-3 paşi mici când ne pierdem echilibrul, s-a spus că este un mecanism de ultim apel când linia gravitaţională este la limita poligonului de sprijin. Alţi autori nu sunt de acord cu această părere, susţinând că această „strategie" apare mult mai rapid (B. Maki, W. McIlroy). Ca dovadă este şi destabilizarea laterală care poate fi controlată aproape imediat de realizarea câtorva paşi mici. Căderile bătrânilor au deseori la bază pierderea controlului lateral.

În mod obişnuit, însă, problema dezechilibrului corpului în ortostatism se face prin legănarea înainte-înapoi, modalitate în care se fac de obicei şi căderile. Balansul înainte-înapoi este controlat vizual, de receptorii somatosenzitivi şi de aparatul vestibular, aşa cum se sublinia mai sus. Acesta este un adevăr, dar este greu de precizat cum se realizează mai ales prin feedback-ul periferic somatosenzitiv. Receptorii musculari (şi în primul rând fusul muscular) sunt sensibili la întindere şi la viteza cu care sunt întinşi; receptorii articulari se pare că nu intră în joc pentru a transmite informaţii decât atunci când mişcarea articulară ar fi la extrema sa şi doar la frecvenţe joase de mişcare; mecanoceptorii cutanaţi sunt foarte sensibili la forţa de reacţie a solului.

Aşa cum au demonstrat Cordo şi Nasher (1982), ajustarea posturală se face în primul rând de acea parte a corpului care este în contact cu corpurile din jur (realizează sprijinul); picioarele în ortostatism, mâinile în statul în mâini etc.

Dacă filmăm mişcările de dezechilibrare şi reechilibrare când stăm pe o platformă care este brusc mişcată, se observă o schematizare în recâştigarea echilibrului, diferită după tipul dezechilibrului. De exemplu:

– Dacă platforma se deplasează îndărăt, membrele inferioare sunt împinse înapoi, iar trunchiul înainte;

– Dacă platforma se ridică (degetele în sus), membrele inferioare şi trunchiul se înclină înainte, capul se lasă înapoi, apoi imediat se produce o mică deplasare îndărăt şi a corpului.

Astfel de scheme există pentru diferite tipuri de dezechilibrare ceea ce arată că probabil există circuite neurale la nivel medular responsabile cu execuţii automate a schemelor locomoţiei de bază (la animale acestea au fost demonstrate – Marsden, 1982; Woolacott, 1986, considerându-le valabile şi la om).

Multe discuţii s-au dus asupra existenţei sau nu a „strategiei stabilizării corpului în spaţiu", adică a implicării corpului în controlul postural al corpului. Acest control ar exista, dar nu este dirijat de vedere şi receptorii somatosenzitivi periferici (de la suprafaţa de sprijin), ci doar de aparatul vestibular şi reflexele gâtului (Roberts, 1973; G. Wu şi W. Zhao, 1996).

Toţi autorii sunt de acord că segmentul cel mai important în redresarea posturală şi stabilitatea întregului corp este trunchiul. Putem înţelege uşor

diferenţa de stabilitate la pacienţii cu suferinţe lombare acute sau cronice ca şi cauza uzurii în timp a coloanei.

Aşa cum se ştie, structura trunchiului este formată din 2 zone rigide: pelvisul şi toracele, legate între ele prin vertebrele lombare care nu sunt capabile (ca de altfel întreaga coloană vertebrală) să asigure stabilitate trunchiului. Aceasta este realizată de muşchi şi ligamente. Se pare că rolul cel mai important în stabilitatea trunchiului îl au muşchii lungi care traversează mai multe vertebre fiind şi cei mai laterali faţă de coloană (Crisco, Panjabi, 1990).

Până acum s-a discutat despre postura întregului corp, a posturii în ortostatism care evident pune cele mai mari probleme pentru echilibru şi stabilitate, având poligonul de sprijin mic şi centrul de greutate al corpului în punctul cel mai înalt.

Dar activitatea posturală se referă şi la orientarea unui segment sau a câtorva segmente ale corpului mai ales atunci când poziţia membrului este sub influenţa gravitaţiei. Spre exemplu, menţinerea braţului la orizontală şi executând flexii-extensii ale cotului, musculatura umărului trebuie să asigure stabilitatea pentru contracararea gravitaţională a braţului. Un exemplu mai complex. Din ortostatism ridicăm membrul superior la orizontală. Timpul minim de reacţie pentru această mişcare este de 120 msec. Dar cu cca 50 msec înainte de începerea mişcării se înregistrează o activare a muşchilor ischiogambieri pe aceeaşi parte cu membrul superior care se va ridica. Motivaţia acestui fenomen este mult discutată încercându-se 2 explicaţii:

a) ar fi vorba de o „stabilizare anticipatorie" care rigidizează partea corpului respectivă în vederea efectelor inerţiale care se produc odată cu bascularea înainte a membrului superior;

b) ar exista prin această rigidizare anticipatorie un transfer de energie spre segmentul care urmează să se mişte (Bouisset şi Zattara, 1990).

O problemă dificil de explicat în cadrul răspunsurilor posturale automate este apariţia în muşchii care nu intră în activitate, în momentul redresării dintr-un dezechilibru realizat, a unei activităţi de tip scurtare musculară.

Analiza modului în care se face controlul postural, de stabilitate, al corpului sau al unui membru sau segment are implicaţii profunde asupra aplicării unor programe de recuperare. Şi aceasta datorită faptului că răspunsurile posturale automate sunt dependente de context adică de necesităţile momentului prin adaptarea sistemului motor la acestea.

7.4.2. *Strategiile mişcării fundamentale*

De foarte mult timp se ştie (Wachholder, Altenburger, 1926) că o mişcare cu scop direcţionat, precis (ex. de a lua un obiect de pe masă) este controlată de muşchii agonişti şi antagonişti sub forma unei scheme cu 3 impulsuri excitatorii (ce se pot înregistra pe EMG) întotdeauna în aceeaşi ordine:

agonist-antagonist-agonist (mai ales când mişcarea trece de la lentă la rapidă).

Prima secvenţă de activare a organismului realizează acţiunea de accelerare a membrului care se duce spre obiect.

A doua secvenţă este de activare a antagonistului pentru a frâna mişcarea agonistului lângă obiect.

A treia secvenţă este activarea din nou a agonistului pentru a fixa membrul în poziţia de apucare a obiectului.

Aceste secvenţe se reproduc ca o schemă trifazică pe EMG. Se poate vorbi deci de secvenţe stereotipe ale comenzilor trimise de la măduvă spre muşchi pentru a realiza un comportament specific. Aceste secvenţe stereotipe au fost denumite *„programe motorii"*.

Practica arată însă că schema trifazică RMG este rapid alterată de caracterele mişcării respective: viteză de execuţie, rezistenţă întâmpinată, execuţie antigravitaţională sau cogravitaţională, direcţia de mişcare etc.

Această variaţie pune sub semn de întrebare dependenţa schemei trifazice doar prin „programul motor" medular şi obligă la acceptarea şi a unui „control strategic" de la SNC. Cum se execută exact nu se prea ştie. Deocamdată se acceptă *„ipoteza dublei strategii"* a lui Gottlieb (1989-1990) şi anume, a unei

a) „strategii dependente de viteză" – care realizează o creştere de amplitudine EMG – deci de forţă – şi o mai rapidă intrare în joc a antagonistului, şi a unei

b) „strategii independente de viteză" cu aspect al curbei EMG pentru agonist similare (inclusiv de forţă), dar cu intrarea mai lentă a atacului antagonistului (adică cu creşterea latenţei activării acestuia).

Aşadar, când se urmăreşte o acţiune rapidă, SNC-ul va realiza mişcarea prin „strategia dependentă de viteză", iar când individul îşi poate alege singur viteza mişcării, SNC-ul va aplica „strategia independentă de viteză". În acest fel, comanda centrală va selecta de la început intensităţile excitatorii (care dau amplitudinile) acordându-le apoi la viteze adecvate.

Bineînţeles că, aşa cum s-a mai amintit în câteva rânduri, mişcările sunt controlate continuu de către aferenţele de feedback pe tot parcursul mişcării şi, în primul rând, prin receptorii musculari atunci când este vorba de o mişcare direcţionată.

Feldman (1986) presupune că parametrul control prin feedback este mărimea reflexului tonic de întindere. El introduce noţiunea de „pragul reflexului de întindere tonic" notându-l cu λ (lambda) şi denumind această concepţie *„modelul lambda"*.

În ultimii ani, acest „model lambda" a fost cercetat de o serie de alţi autori (Gottlieb, Latash), dar concluziile sunt încă incomplet conturate.

Toate aceste noţiuni erau concepute pe mişcarea monoarticulară. Dar dacă ar fi să considerăm că mişcările sunt în special multiarticulare trebuie subliniat că acestea în nici un caz nu trebuie văzute ca o sumaţie de strategii monoarticulare.

7.4.3. *Coactivarea*

Reprezintă activarea concomitentă a setului de muşchi care formează cuplul funcţional agonist-antagonist.

Efectul coactivării este *„cocontracţia"* care realizează mecanic o „înţepeneală" rigidizare, a unei articulaţii pentru creşterea stabilităţii şi rezistenţei ei.

Această blocare articulară dată de cocontracţie variază ca rezistenţă în funcţie de mărimea raportului forţă/lungime al muşchiului sau altfel spus cu raportul torque/unghi (articular). Din mulţimea de rapoarte există întotdeauna unul ideal care creează cea mai eficientă „înţepeneală" articulară.

Antrenarea cuplului agonist-antagonist nu se poate face decât concomitent. Încercarea de a tonifia succesiv cele 2 grupe musculare nu numai că nu creşte coactivarea, respectiv cocontracţia, ci chiar o scade, mărind dezechilibrul de forţă agonist/antagonist.

Studiile lui Carolan şi Cafarelli (1992) au demonstrat clar că tonifiind cvadricepsul prin exerciţii izometrice (8 săptămâni) s-a obţinut o creştere clară de forţă a acestuia şi în acelaşi timp o scădere de activare a ischiogambierilor. Ceva mai mult, s-a constatat scădere de forţă chiar în ischiogambierii contralaterali.

Coactivarea (cocontracţia) este importantă nu numai pentru rezistenţa articulară (aşa cum avem nevoie în eforturi mai mari cum ar fi mutarea unor greutăţi de la un loc la altul), ci este necesară şi în mişcările de abilitate sau de performanţă care cer schimbări de direcţie (ex. flexie-extensie). În aceste situaţii, coactivarea devine mai economică, scade efortul de execuţie al activităţii de performanţă (cum se întâmplă la sportivi).

Merită aici să reamintim teoria „neurodezvoltării" a lui Bobath (1978) care considera că la hemiplegic inabilitatea motorie a membrelor paralizate este dată de o incorectă coactivare musculară datorită unei insuficienţe de inhibiţie a activităţii antagoniştilor. Desigur, azi teoria este discutabilă.

La muşchii biarticulari, coactivarea va duce la transfer de putere de la o articulaţie la alta. Astfel, la nivelul şoldului, coactivarea fesierului mare (extensor al şoldului, monoarticular) şi a dreptului femural (flexor al şoldului, dar biarticular) va determina o clară creştere de forţă a extensiei genunchiului (mai mare decât dacă am antrena individual dreptul femural).

După Dimitrijevic şi alţii (1992), acest gen de antrenament cu cocontracţii ar fi extrem de util în condiţiile unei cerinţe corectoare de forţă, datorită oboselii care a dus la scăderea acesteia.

Coactivarea reprezintă prin ea însăşi o schemă funcţională musculară, respectiv un tip de strategie a mişcării.

7.4.4. *Ciclul „întindere-scurtare" (stretch-shorten cycle)*

S-a constatat că un muşchi realizează un travaliu (= forţă × deplasare) mult mai bun în secvenţa „excentric-concentric" în care muşchiul activ este

mai întâi alungit şi apoi scurtat, decât dacă ar realiza travaliul de la început prin scurtare (contracţie concentrică) (Cavagna, Citterio, 1974).

Dacă secvenţa „excentric-concentric" (sau „întindere-scurtare") determină o capacitate de travaliu mai mare a muşchiului se ridică o întrebare. Se ştie că între travaliu şi consumul energetic există un raport de proporţionalitate. Deci, secvenţa excentric-concentric va necesita o energie suplimentară. De unde va fi luată?

Dacă apucăm cu 2 mâini un elastic şi-l tracţionăm de capete, el se va întinde şi va acumula în structura lui moleculară o energie prin transfer de la lucrul mecanic al mâinilor care l-au întins. Energia stocată în elasticul întins poartă numele de „energie elastică". Eliberând elasticul, această energie readuce elasticul la lungimea iniţială.

Acelaşi fenomen se produce atunci când realizăm iniţial o întindere a muşchiului care încarcă elementele seriate musculare şi pe cele conjunctive cu energie pe care o restituie sub forma *„travaliului pozitiv"* în timpul contracţiei concentrice, mărindu-i forţa acesteia.

Acest proces poate fi pus în ecuaţia primei legi a termodinamicii:

$$U = \Delta E_h + \Delta E_m + \Delta E_{p,s}$$

în care: U = travaliu;
E_h = schimbarea în căldură sau energie termală;
E_m = schimbarea în energie chimică;
$E_{p,s}$ = schimbarea în energie elastică

E_h şi E_m practic au foarte mici variaţii între tipurile de contracţii concentrice, excentrice sau isometrice. De aceea de fapt travaliul (U) va creşte pe seama variaţiei $E_{p,s}$ înmagazinate.

Stocarea de energie elastică este direct influenţată de unele condiţii cum ar fi:

– *Timpul* – Între contracţia excentrică ce creează energia elastică şi contracţia concentrică ce o foloseşte nu trebuie să fie pauză, căci energia se va disipa mai mult sau mai puţin în funcţie de durata pauzei.

– *Mărimea (gradul) întinderii.* O întindere mică acumulează o energie elastică mică. O întindere prea mare de asemenea, căci în această situaţie rămân ataşate foarte puţine punţi transverse, aşa cum s-a mai arătat într-un alt capitol.

– *Velocitatea întinderii.* Cu cât viteza de întindere este mai mare, cu atât energia stocată este mai mare, cu condiţia ca punţile transversale să rămână ataşate.

„Travaliul pozitiv" nu este susţinut doar de energia elastică, ci şi (probabil) de creşterea cantităţii de energie chimică disponibilă II (Jaric, Gravilovic, 1985). Această creştere (Em) este denumită „Efectul de preîncărcare".

Dovada existenţei unui astfel de efect apare în secvenţa contracţie isometrică-contracţie concentrică când se înregistrează o forţă mai mare a contracţiei concentrice faţă de aceeaşi contracţie executată neprecedată de alt gen de contracţie. Evident nu poate fi vorba aici de vreo forţă elastică.

Efectul de preîncărcare (care este mai mic decât efectul energiei elastice stocate) este exemplificat prin diferenţa clară între mărimea săriturii în sus pornind din poziţie ghemuit („ciucită") de la un unghi al genunchiului stabilit, comparativ cu săritura în sus pornind din ortostatism şi flectând genunchii până la acelaşi unghi de unde se sare. În primul caz, avem situaţia isometrie-concentric, în cea de a doua excentric-concentric, această săritură fiind mai înaltă.

În acelaşi gen de săritură, dar pe un picior, desigur că încărcarea este dublă faţă de cel cu ambele membre inferioare, extensorii genunchiului în efort necesitând o energie mult mai mare.

Pe un picior, înălţimea de săritură este mai mică decât la săritura în sus pe ambele picioare această diferenţă fiind determinată de energia chimică mai mare în săriturile cu două picioare (massa musculară fiind dublă şi energia chimică va fi aproape dublă).

De fapt, calculele arată că performanţa de săritură în sus pe două picioare este mai mare dar nu dublă (cca 147%) faţă de cea pe un picior. Aceasta arată că, în acest tip de exerciţiu, contribuţia energiei chimice este chiar uşor mai mare decât cea elastică. În alte exerciţii, poate fi altfel.

Diferenţa de înălţime între cele 2 tipuri de sărituri indiferent dacă s-au făcut cu ambele picioare sau pe un picior, mai amplă când se porneşte din ortostatism se datorează ambelor energii (elastică şi chimică) deci a superiorităţii secvenţei excentric-concentric.

În activitatea sportivă ciclul „întindere – scurtare" este foarte mult utilizat. De altfel, în timpul alergării odată cu atingerea cu piciorul a solului, genunchiul se flectează, apoi se extinde, centrul de gravitate al corpului trecând deasupra piciorului. Energia aceasta elastică (alungirea cvadricepsului) va contribui la creşterea forţei în alergare. Dar, se pare că acest lucru este adevărat numai în cazul în care viteza de alergare este peste 6,5 m/sec (Cavagna, 1977). Ceva mai sus, s-a arătat rolul velocităţii în mărimea energiei elastice stocate.

Ciclul excentric-concentric este deosebit de important la săritori în înălţime, lungime, triplu salt.

7.4.5. *Manevrarea*

În problematica strategiei mişcărilor, mâna cu mişcările ei ocupă un loc absolut particular prin strategiile de mişcare aparte pe care le are căci, aşa cum se spune: „mâna şi creierul sunt parteneri foarte apropiaţi în realizarea abilităţii de explorare a mediului".

Rolul decis în această abilitate îl au elementele senzitive ale mâinii. Acest comportament a fost denumit de Johansson şi Cole în 1992 *„atingere activă"* precizând astfel că mecanoceptorii cutanaţi ai mâinii joacă rolul esenţial. Studiile s-au făcut prin pensa index-police a cărei presiune pentru a menţine un obiect (pe care încercăm să-l tragem cu diverse forţe şi viteze) demonstrează o rapidă modificare de rezistenţă adaptată în încercările

de eliberare a obiectului ţinut în pensă. Se realizează astfel permanent o „ajustare automatică" a forţei de strângere a pensei prin mecanism de feed-back aferent pornit de la mecanoceptorii mâinii.

*
* *

Problematica care intră în „strategiile mişcărilor" este de fapt mult mai complexă decât cele câteva aspecte discutate mai sus în acest capitol.

În fond, toate aspectele mişcării analizate (într-un alt capitol), prin prisma schemelor de activare a unităţilor motorii, pot fi perfect integrate tot ca aspecte ale strategiilor de mişcare.

Capitolul 8

ELEMENTE DE BIOMECANICĂ

8.1. *ARTICULAŢIA COXOFEMURALĂ* ... 262
8.2. *GENUNCHIUL* ... 275
8.2.1. **Articulaţia femuro-tibială** ... 276
8.2.2. **Articulaţia patelo-femurală** ... 279
8.2.3. **Stabilitatea genunchiului** ... 280
8.2.4. **Genunchiul în mers** ... 283
8.2.5. **Biomecanica ligamentelor genunchiului** ... 284
8.3. *GLESNA ŞI PICIORUL* ... 285
8.3.1. **Biomecanica piciorului în mers** ... 292
8.4. *SCAPULOHUMERALA* ... 295
8.4.1. **Articulaţia sternoclaviculară** 296
8.4.2. **Articulaţia acromioclaviculară** ... 297
8.4.3. **Articulaţia scapulotoracică** 297
8.4.4. **Articulaţia glenohumerală** ... 298
8.5. *COTUL* ... 304
8.6. *PUMNUL ŞI MÂNA* ... 308
8.6.1. **Pumnul** ... 309
8.6.2. **Mâna** ... 314
8.7. *COLOANA VERTEBRALĂ* ... 317
8.7.1. **Kinetica coloanei** ... 326
8.7.2. **Kinematica coloanei** ... 328

Cum se arăta în capitolul „Introducere în kinesiologie" biomecanica este o importantă componentă a kinetologiei ştiinţifice.

Biomecanica este aplicarea legilor mecanicii la biologie sau cum o definea în 1993 Y. C. Young, biomecanica reprezintă „proprietăţile mecanice ale ţesuturilor vii".

Pentru prima oară cuvântul „mecanic" a fost utilizat de Galileo în 1638 pentru a descrie forţa, mişcarea şi rezistenţa materialelor. Mai târziu, acest termen s-a extins asupra oricărei mişcări de la cea a atomilor, până la cea a galaxiilor.

În domeniul biologiei „mecanica" ne arată mişcarea sistemelor vii, ne învaţă funcţia normală a lor ca şi modificarea adusă la alterarea acestor sisteme, ne direcţionează asupra intervenţiilor necesare pentru corectarea acestor alteraţii.

Diagnosticul şi asistenta de recuperare (în care includem şi chirurgia corectoare) nu poate fi concepută fără cunoaşterea biomecanicii.

Biomecanica articulară pe care dorim să o prezentăm succint în acest capitol îşi fundamentează noţiunile pe cele două procese de bază: mişcarea şi forţele care o determină.

Studiul mişcării în sine fără a ţine seama de forţele care o determină este cunoscut sub numele de „kinematică", iar studiul forţelor aplicate corpului poartă numele de „kinetică".

Prezenta monografie are un capitol intitulat „Kinematică şi kinetică" fapt ce ar crea nedumeriri pentru existenţa şi a unui capitol de biomecanică. Noţiunile expuse în aceste 2 capitole nu se suprapun aşa cum se poate constata, ci se completează obligatoriu. Acest capitol de biomecanică articulară tratează problemele de mişcare şi forţe aşa cum se dezvoltă pentru fiecare articulaţie în parte, particularizând deci kinematica şi kinetica fiecărei articulaţii. În capitolul de „Kinematică şi kinetică" noţiunile sunt prezentate în contextul lor general valabil pentru întreg sistemul mioarticular.

Biomecanica nu înseamnă „artrologie" adică prezentarea descriptivă a elementelor anatomice articulare şi nici „miologie" adică prezentarea muşchilor cu originea şi inserţiile, cu mişcările fundamentale realizate de contracţia lor. Toate aceste noţiuni sunt însuşite din cursurile şi manualele de anatomie.

Recomandăm de aceea ca înainte de a se trece la studierea acestui capitol să se revadă noţiunile de artrologie şi miologie.

Biomecanica, este adevărat, are câte ceva din elementele de artrologie şi miologie, dar obiectivul ei principal este de a prezenta rapoartele care se stabilesc între kinematica şi kinetica unei articulaţii, să analizeze presiunile dezvoltate în articulaţie în statică şi în dinamică, să analizeze forţele prin aprecierea torque-ului muscular şi rapoartele de forţă între grupele musculare, să precizeze poziţiile neutrale, amplitudinile funcţionale pentru ADL-uri etc.

Aşa cum se mai arăta, biomecanica mai cuprinde alături de partea de fiziologie şi partea de patologie, adică studierea aspectelor biomecanice în diverse stări patologice musculo-articulare. În acest capitol însă nu ne propunem şi această abordare a biomecanicii din diverse boli. Variaţia acestor stări este enormă, ea trebuind să fie expusă odată cu prezentarea patologiei respective în cadrul subcapitolelor pe care le denumim „patokinesiologie".

Vom începe prezentarea biomecanicii articulare cu articulaţiile membrului inferior deoarece acestea – fiind articulaţii portante – ridică probleme mecanice mai complicate nu numai de mişcare, ci şi de susţinere, de încărcare.

8.1. *ARTICULAŢIA COXOFEMURALĂ*

A 2-a articulaţie ca mărime (după genunchi) are o suprafaţă de 16 cm^2, dar având o suprafaţă totală de contact (în timpul mişcărilor) de 25-30 cm^2.

Ca articulaţie portantă este structurată atât pentru sprijin în stând, cât şi în mers, precum şi pentru oscilaţie, mişcare în faza de propulsie.

Sprijinul rămâne desigur principala problemă biomecanică a şoldului luând parte la el factorii osoşi (o componentă articulară aproape perfectă), o capsulă puternică cu ligamentele de întărire, geometria capului şi a colului femural, forţa musculaturii periarticulare.

Congruenţa articulară. CF face parte din grupa diartrozelor şi anume a celor sferoide (enartroze) care realizează mişcarea reciprocă a celor două capete osoase (cotilul şi capul femural), adică jocul articular, după regula

articulaţiilor ovoide în care caz rularea capetelor se face întotdeauna în aceeaşi direcţie cu mişcarea oscilatorie a segmentului respectiv cu direcţia de angulare (vezi capitolul „Amplitudinea de mişcare").

Deşi are o suprafaţă de contact mare, suprafaţa de presiune propriu-zisă este limitată la polul superior şi parţial în mijlocul articulaţiei.

În ortostatism bipodal, presiunea care se exercită pe capul femural este egală cu jumătate din greutatea corpului minus greutatea membrului inferior respectiv.

În staţiunea unipodală presiunile sunt mult mai mari, căci intervine forţa musculaturii periarticulare (vezi mai departe).

În bipedism se poate realiza o statică fără să intervină vreo contracţie musculară stabilizatoare a şoldului. Aşa ceva se întâmplă când linia de gravitaţie trece posterior de articulaţie în care caz căderea pe spate (şi extensia CF) este blocată de ligamentul Bertin-Bigelow, ligament anterior foarte puternic.

Desigur că această situaţie o întâlnim în stări patologice (paraplegii, amputaţii cu proteze), în condiţii obişnuite de bipedism contracţia musculară posturală fiind prezentă. Un rol constant în stabilitatea bipodală îl are acţiunea antagonistă a abductorilor şi adductorilor.

Cea mai mică presiune intraarticulară şi în statică şi în mers, când înregistrăm şi o foarte bună congruenţă, cu o bună înzăvorâre articulară (stabilitate), este poziţia şoldului de extensie-rotaţie internă şi abducţie. Ca o regulă generală în artrokinematică, poziţia cea mai stabilă a unei articulaţii este aceea în care ligamentele şi capsula sunt cel mai întinse. Aceasta este situaţia pentru CF în poziţia de mai sus.

Aici trebuie făcută o precizare. Mamiferele merg în 4 labe. În poziţia de flexie 90° cu uşoară abducţie şi rotaţie externă, normală pentru mersul în 4 labe, această poziţie oferă de fapt maximum de congruenţă şi minimum de presiune pe cm^2. Desigur că omul ca individ bipodal nu mai poate beneficia de acest avantaj biomecanic decât în momentul apariţiei unei afecţiuni articulare locale când, involuntar, pacientul îşi poziţionează şoldul în flexie – rotaţie externă – abducţie, fenomen care însă trebuie combătut cu insistenţă de kinetoterapeut datorită deficitului funcţional sever ce se va instala cu timpul.

Geometria articulară (fig. 8.1). Introducem aici particularităţile CF cu privire la poziţia capetelor articulare, direcţia axelor femurale şi unghiurile determinate de aceste elemente.

Cotilul (acetabulul) nu acoperă complet capul femural fiind necesar pentru aceasta existenţa bureletului cartilaginos de pe marginea lui. Acest parametru al gradului de acoperire este măsurabil pe radiografie prin *„unghiul de acoperire"* format din linia verticală care cade în centrul capului femural şi linia oblică care pleacă de la acest punct tangent la marginea supero-externă a cotilului (fig. 8.2). Unghiul de acoperire sau unghiul Wiberg trebuie să fie cel puţin egal cu 25-30° pentru a considera că pericolul subluxaţiei capului femural nu există. La copilul mic, după naştere, această displazie stă la baza subluxaţiei sau luxaţiei de şold.

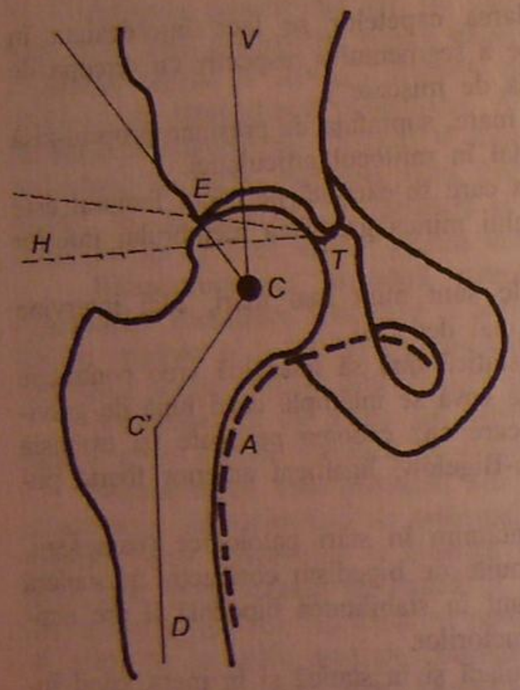


Fig. 8.1. – Geometria şoldului:
A – Arcul cervico-obturator; *C* – Centrul geometric al capului femural; *E* – Marginea externă a cotilului; *T* – Marginea inferioară a cotilului; $C\hat{C}'D$ – Unghiul cervico-diafizar; *CC'* – Axul colului femural; *C'D* – Axul femurului; $V\hat{C}E$ – Unghiul de acoperire al capului femural; $H\hat{T}E$ – Unghiul de oblicitate al cotilului.

Aceleaşi consecinţe pot rezulta şi dintr-o prea mare oblicitate a cotilului, *„unghiul de oblicitate"* fiind format dintr-o linie oblică de la partea infero-internă a cotilului la cea supero-externă şi linia orizontală. Un unghi mai mare de 10° poate deveni favorabil alunecării capului femural. Orientarea cotilului este esenţială pentru stabilitatea şoldului.

Cele două unghiuri descrise au un rol important în determinarea congruenţei articulare şi a suprafeţei de sprijin deci a repartiţiei presiunilor pe cm^2.

Segmentul proximal al femurului are o configuraţie geometrică extrem de importantă pentru mecanica articulară. Se ştie că axul colului femural nu este în prelungirea celui femural făcând un unghi *(cervico-diafizar sau de înclinaţie)* de 125-135°. Înclinarea capului femural este în plan frontal. Transmiterea

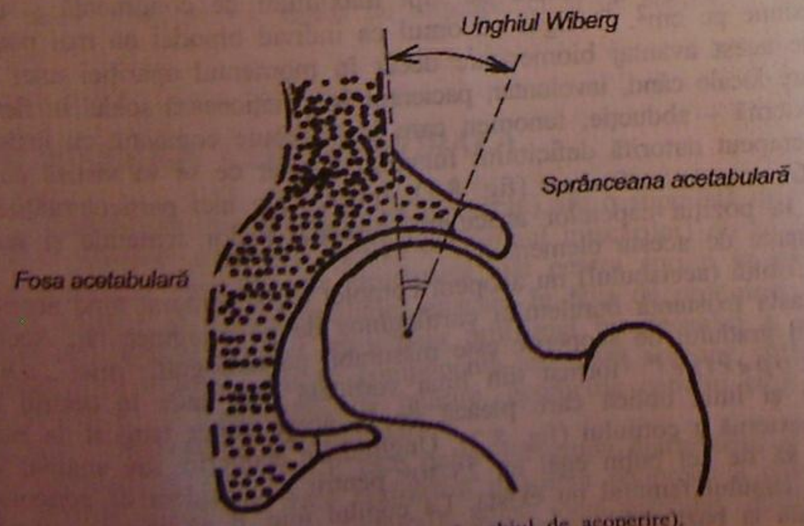


Fig. 8.2. – Unghiul Wiberg (unghiul de acoperire).

presiunii corpului în orto şi în mers nu direct pe axul osului femural a dus la dezvoltarea unei structuri osoase trabeculare ca nişte arce de rezistenţă în zona colului. În fig. 8.3 se poate vedea această structură arhitecturală arcuată.

Mărimea unghiului de înclinaţie are influenţă asupra staticii şi dinamicii şoldului prin intermediul schimbărilor forţelor musculare (vezi mai departe). Când unghiul cervico-diafizar se micşorează vorbim de „coxa vara", iar când depăşeşte 135° vorbim de „coxa valga".

În fig. 8.4 sunt prezentate cele 3 situaţii ce pot fi create de valoarea unghiului de înclinaţie: aspectul normal, coxa vara şi coxa valga.

Să reţinem pentru moment din această figură variaţia ca mărime a liniei h care este perpendiculara dusă din centrul capului femural (prin care trece axa de mişcare a femurului) până la vectorul forţei abductorilor (linia M). Această linie este „braţul momentului" abductorilor. Reamintim că braţul momentului × forţa musculară = torque-ul (vezi capitolul „Kinematică şi kinetică"). Asupra acestor probleme de forţă în funcţie de unghiul de încli-

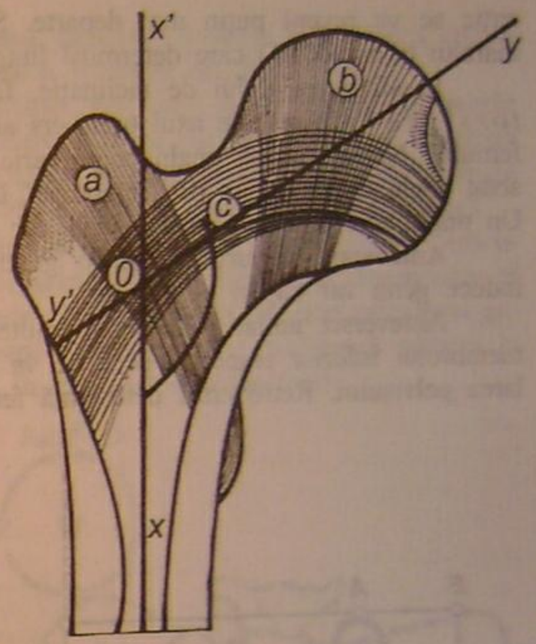


Fig. 8.3. – Structura trabeculară a colului femural xOy = unghiul cervico-diafizar (unghiul de înclinaţie).

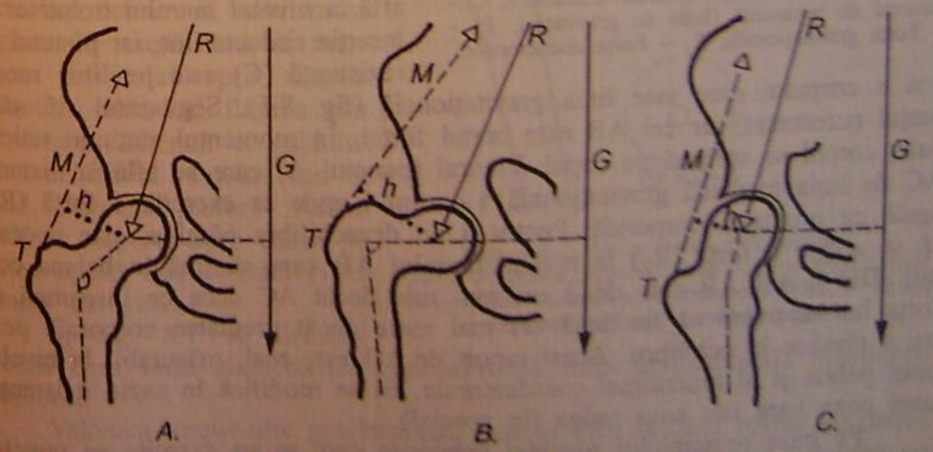


Fig. 8.4. – Efectele unghiului de înclinaţie: *A* – Şold normal; *B* – Coxa vara; *C* – Coxa valga; *G* – Linia gravitaţională a corpului; M – Forţa abductorilor; R – Forţa rezultantă asupra capului femural; h – Braţul momentului al abductorilor; T – Marele trohanter.

naţie se va reveni puţin mai departe. Să mai reţinem din fig. 8.4 poziţia marelui trohanter (T) care determină lungimi diferite ale fibrelor abductorilor.

În afara unghiului de înclinaţie, femurul prezintă şi *„unghiul de torsiune"* format de axul transvers al condililor femurului şi axul colului femural. Normal, acest unghi poate varia între 8° şi 25° (normal 12°). Când acest unghi creşte, vorbim de „anteversie" în care caz diafiza este rotată median. Un unghi mic determină retroversia, iar diafiza este rotată lateral (în afară).

Anteversia femurului induce genu valg şi piciorul plat. Retroversia induce genu var cu un picior cav.

Anteversia unilaterală stă în multe cazuri la baza scurtării relative a membrului inferior respectiv ceea ce va determina compensarea prin basculareа pelvisului. Retroversia determină fenomene inverse.

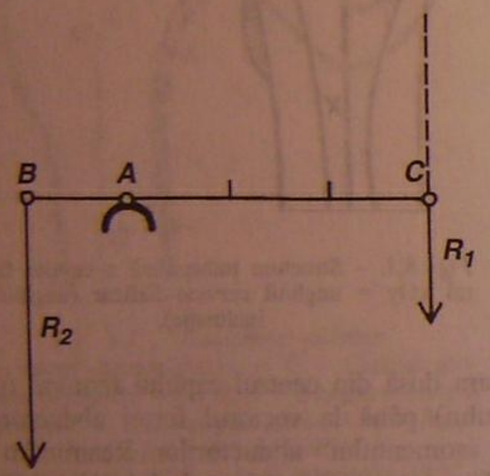


Fig. 8.5. – Pârghie de gradul 2 (şoldul): *A* – Punctul de sprijin (cap femural); *B* – Punctul de aplicare a forţei (marele trohanter); *C* – Punctul de rezistenţă (linia de gravitaţie); R_1 – Forţa gravitaţională; R_2 – Forţa abductorilor.

Balanţa Pauwels explică biomecanica şoldului în staţiunea unipodală. Faptul că în mers rămânem în poziţie dreaptă fiind în sprijin pe câte un picior (adică la distanţă de linia gravitaţională a corpului) şi fără să cădem, este un fenomen care se abate de la regulile generale ale echilibrului şi stabilităţii. Explicaţia acestui fenomen este demonstrată prin „balanţa Pauwels". Şoldul este o pârghie de gradul 2 în care punctul de sprijin (A) este articulaţia CF, respectiv capul femural. Punctul de aplicare al forţei (B) se află la nivelul marelui trohanter la inserţia abductorilor, iar punctul de rezistenţă (C) este pe linia mediană a corpului care este linia gravitaţională (fig. 8.5). Segmentul AC este braţul rezistenţei, iar cel AB este braţul forţei. În momentul staţiunii unipodale, corpul se sprijină pe capul femural (punctul A) care se află la distanţa AC de linia mediană gravitaţională a corpului unde se exercită o forţă (R_1) egală cu greutatea corporală. Pentru a nu dezechilibra pârghia, este necesar să se aplice o forţă (R_2) la nivelul braţului AB care să ţină în balans corpul. Dar braţul AB este de 3 ori mai mic decât AC ceea ce înseamnă că forţa lui va trebui să fie de 3 ori mai mare decât greutatea corporală pentru a rămâne în echilibru. Acest raport de 1/3 este real, măsurabil la nivelul unui pelvis şi al articulaţiei coxofemurale. El se modifică în cazul existenţei unei coxa vara sau coxa valga (în special).

Pe baza principiului pârghiei presiunea care se va exercita pe punctul de sprijin A (capul femural) va fi egală cu suma forţelor R_1 şi R_2, adică va fi egală cu de 4 ori greutatea corpului.

Aşadar, în cazul unui şold normal, pe capul femural, în staţiunea unipodală, un individ de 70 kg va exercita o presiune de 280 kg.

Deoarece într-o coxa valga distanţa AB între capul femural şi marele trohanter unde se află punctul de aplicare al forţei (B) se micşorează devenind 1/5-1/7 din distanţa AC presiunea pe capul femural va fi de 6-7 ori mai mare decât greutatea corpului, adică 420-490 kg (pentru un individ de 70 kg).

Iată de ce coxa valga congenitală este un pericol pentru viitorul articulaţiei care se va degrada repede, deschizând drumul procesului degenerativ al cartilajului (artroza). S-a explicat aşadar „balanţa Pauwels" prin principiul general al pârghiei, căci sistemul nostru mioartrokinetic realizează pârghii la diverse nivele (care vor fi discutate în momentele respective).

Mecanismul abductorilor. În fig. 8.6 este de asemenea reprezentată balanţa Pauwels, dar aici pe baza ei vom analiza mecanismul muscular al abductorilor, principalii muşchi care asigură staţiunea unipodală.

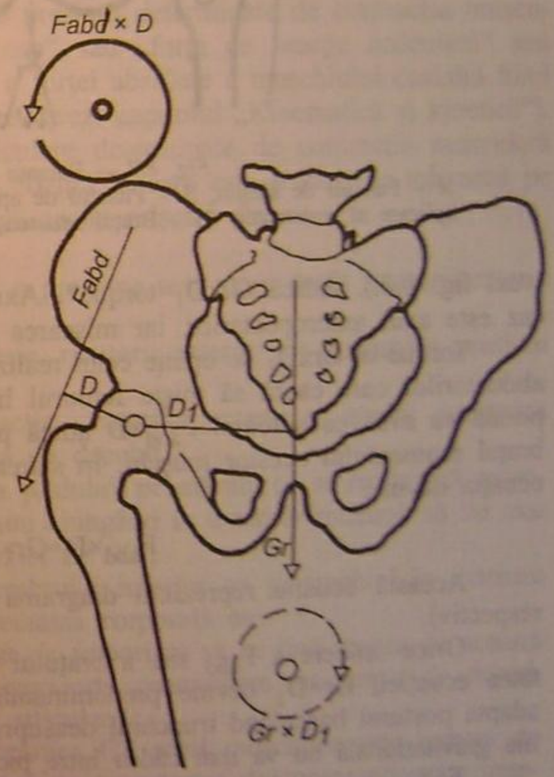


Fig. 8.6. – Mecanismul abductorilor: *Gr* – Greutatea corpului; *Fabd* – Forţa abductorilor; *D* – Braţul momentului abductorilor; D_1 – Braţul momentului forţei greutăţii corpului.

Abductori ai şoldului sunt fesierul mijlociu (cel mai important), fesierul mic şi tensorul fasciei lata. Mişcarea de abducţie a coapsei aceştia o realizează când membrul inferior este în lanţ deschis, adică piciorul nu este în sprijin. În sprijin unipodal, contracţia abductorilor determină stabilizarea poziţională tracţionând de marginea pelvisului spre marele trohanter realizând fixarea sau stabilizarea laterală a şoldului adică echilibrul în mers sau în stând (într-un picior). Astfel tendinţa corpului de a cădea pe partea opusă este blocată (vezi balanţa Pauwels).

În fig. 8.7 se demonstrează cum forţa abductorilor contracarează forţa gravitaţională menţinând echilibrul.

Valoarea torque-ului gravitaţional, care ar face să cadă corpul pe partea opusă şoldului în sprijin, este egală cu greutatea corpului (Gr) înmulţită cu braţul momentului acestei forţe (D_1) adică perpendiculara dusă de la axul de rotire (mişcare) al articulaţiei care este în capul femural la vectorul forţei

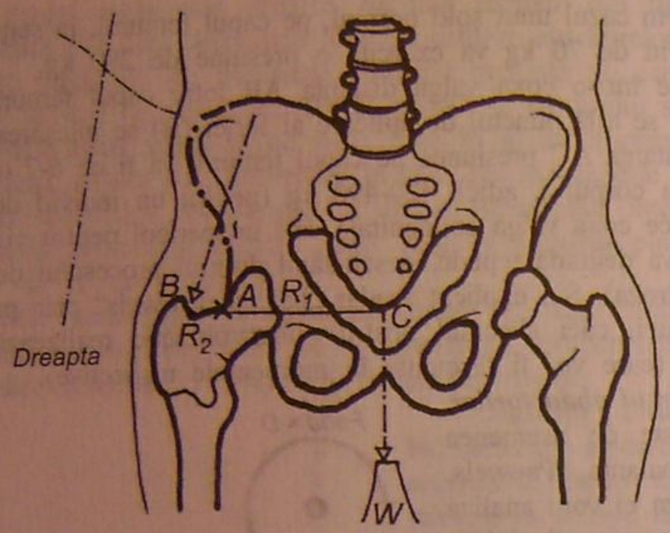


Fig. 8.7. – Balanţa Pauwels.
A – Punctul de sprijin; *B* – Punctul de aplicare al forţei; *C* – Punctul de aplicare al rezistenţei; R_1 – Braţul rezistenţei; R_2 – Braţul forţei; $R_1 = R_2$.

(vezi fig. 8.6.). Adică $GrxD_1$=torque*. Axul de rotire al femurului în acest caz este axul anteroposterior, iar mişcarea se produce în plan frontal.

Torque-ul $GrxD_1$ se opune celui realizat de muşchii abductori. Torque-ul abductorilor care caută să mişte femurul în sens invers decât greutatea corporală va avea ca valoare: $F_{abd} \times D$ adică produsul între forţa abductorilor şi braţul momentului acestor muşchi. În starea de echilibru a poziţiei unipodale ecuaţia devine:

$$F_{abd} \times D = Gr \times D_1$$

Această ecuaţie reprezintă diagrama corpului liber (vezi subcapitolul respectiv).

Orice scădere a F_{abd} sau a braţului momentului dezechilibrează egalitatea ecuaţiei, $Gr \times D_1$ devine predominantă, iar corpul va cădea sau se va adapta postural basculând trunchiul deasupra membrului inferior respectiv. Linia gravitaţională nu va mai cădea între picioare pe linia mediană a corpului.

Forţa abductorilor scade:

– prin apropierea capetelor de inserţie (scurtarea fibrei musculare) ca în coxa valga, rotaţia externă a şoldului, operaţii pe şold, subluxaţii şi luxaţii ale capului femural etc.;

– imobilizări prelungite, stări postoperatorii, coxartroze.

Braţul momentului abductorilor scade în coxa valga, operaţii pe şold, poziţia şoldului în cadrul mişcării etc.

* Torque (sau momentul forţei) = capacitatea unei forţe de a produce rotaţia (mişcarea) unui segment în jurul unui ax.

Diminuarea torque-lui abductorilor va necesita purtarea bastonului în mâna opusă pentru a echilibra mersul.

Presiunea pe capul femural. S-a văzut că ea are în primul rând la bază raportul între cele 2 braţe ale pârghiei şoldului (balanţei Pauwels).

Această presiune este determinată de 2 forţe: greutatea corporală şi contracţia musculaturii periarticulare (abductori, adductori, flexori).

Presiunea pe cm^2 al suprafeţei de sprijin este în funcţie de „centrajul capului femural". Evident că reducerea acestei suprafeţe (ca în coxartroză) va determina presiuni foarte mari pe suprafaţa rămasă de sprijin cu degradare rapidă a cartilajului articular.

Chiar în situaţia în care membrul inferior respectiv nu este în sprijin, asupra capului femural se exercită presiuni determinate de contracţia musculară, aşa-numita presiune „os pe os" sau „forţa de reacţie articulară" sau „forţa de începuire". Este o parte a forţei absolute a muşchiului cealaltă fiind „forţa netă" care realizează mişcarea (vezi capitolul „Kinematică şi kinetică").

Variaţia presiunilor intraarticulare determinate de contracţia musculară este foarte mare, căci depinde de poziţia în care este şoldul, de mişcarea pe care o execută, de rezistenţa opusă acelei mişcări etc.

Iată câteva dovezi:

– rotatorii interni generează o presiune mai mare decât rotatorii externi când şoldul este în flexie;

– când şoldul este în extensie, rotatorii externi vor determina presiuni mai mari;

– în poziţie şezândă, contracţia rotatorilor externi şi interni determină presiuni mai mari decât în poziţia de decubit;

– din poziţia de flexie 90° a şoldului, pe măsură ce se realizează extensia, forţa extensorilor scade continuu ajungând în extensia maximă să fie mai mică cu 55% decât la nivelul flexiei de 90°;

– din decubit, ridicarea membrului inferior cu genunchiul în extensie determină o presiune de 1-1½ greutatea corporală etc.

În kinetoterapie este deosebit de important să se ţină seama de această presiune musculară de începuire care este generatoare nu numai de dureri, dar şi de distrugere a cartilajului articular.

Kinetica şoldului. În biomecanica CF rolul muşchilor este extrem de important. Şoldul este un segment bine reprezentat de mase puternice musculare care au sarcina, după cum am văzut, să asigure atât sustenţia cât şi mişcarea. În kinetică, în general, activitatea musculară nu este aşa de simplă cum se consideră de obicei.

Spre exemplu, muşchii cunoscuţi ca flexori pot participa şi la alt tip de mişcare sau acţionează într-adevăr ca flexori doar pe o anumită cursă a mişcării etc. Acest aspect îl întâlnim şi la musculatura şoldului. În continuare vom prezenta principalele aspecte kinetice ale acestei musculaturi.

Psoasiliacul este flexor al coapsei, dar şi un „lordozant" al coloanei lombare, ca şi un slab participant – indiferent de poziţia coapsei – la rotaţia internă, dar mai ales la cea externă.

– Iliacul participă foarte puţin (sau deloc) la flexia şoldului între 0 şi 30°, dacă flexia se execută liber, fără încărcare. Dacă flexia trunchiului se execută din decubitul dorsal (în fond este flexia CF), iliacul intră intens în activitate pe toată amplitudinea mişcării datorită rezistenţei date de trunchi.

– Psoasul are un rol important în menţinerea posturii ortostatice (Nachemson), fiind desigur, în primul rând, flexor al coapsei, indiferent în ce circumstanţe se execută această flexie. Se înregistrează în muşchi o slabă activitate şi în timpul abducţiei, ca şi în rotaţia externă.

Fesierul mare este extensor şi rotator extern al coapsei, dar şi abductor când coapsa este flectată la 90° şi se opune o contrarezistenţă, precum şi adductor când coapsa este în abducţie şi se execută o contrarezistenţă la mişcare. Ca abductor, doar fibrele superioare ale lui au acest rol, fesierul mare fiind considerat ca „o rezervă" pentru abducţia de forţă, dar nu şi pentru postura unipodală.

Fesierul mare nu este un muşchi important pentru postură, o moderată activitate a lui apărând doar atunci când trunchiul se apleacă în faţă din ortostatism. În mers, el este excitat în mai multe reprize, deşi, aşa cum observase Duchenne, paralizia totală a fesierului mare nu împiedică mersul relaxat. Nu este activat în pedalajul pe bicicletă.

Fesierul mijlociu şi cel mic sunt abductori, prevenind apariţia semnului Trendelenburg, şi rotatori interni. Sunt activaţi în mers, dar au o contribuţie minimă la pedalajul pe bicicletă. Fesierul mijlociu (fasciculul anterior) participă şi ca flexor al coapsei din poziţie ortostatică în primele grade de flexie. Dacă se opune o rezistenţă, activitatea lui creşte.

Tensorul fasciei lata este activ în rotaţia internă, abducţia şi flexia coapsei. Rolul de rotator este slab, deşi este implicat în executarea rotaţiei, indiferent de poziţia membrului inferior. Spre deosebire de fesieri, tensorul ***fasciei lata*** are un important rol în pedalajul pe bicicletă, dovedind că devine mai activ când şoldul este flectat.

Adductorii au reprezentat un grup de muşchi puţin studiaţi ca activitate, motiv pentru care părerile erau contradictorii. În adducţia liberă a coapsei – teoretic, mişcarea principală a lor – de fapt doar adductorul lung este activ, adductorul mare este mut, activându-se doar dacă mişcarea este cu rezistenţă. În schimb, rotaţia internă solicită contracţia tuturor adductorilor. În acelaşi timp, sunt flexori puternici ai coapsei, când aceasta este în extensie.

În postură unipodală nu intră în joc, dar în mers sunt activaţi de mai multe ori în diverse faze. De aceea, unii autori (Janda, Stará) cred că activitatea acestor muşchi este facilitată de engrama de mers şi mai puţin de o mişcare simplă, primară.

Există un grup de muşchi care „sar" articulaţiile şoldului şi genunchiului, cum sunt: croitorul, dreptul intern, ischiogambierii, dreptul anterior. Pe unii îi vom discuta aici, iar pe ceilalţi, când vom descrie kinetoterapia genunchiului.

Dreptul intern (gracilis) acţionează ca flexor al şoldului doar când genunchiul este extins. Flectarea şoldului cu genunchiul flectat nu dezvoltă activitate electrică în m. gracilis. Ca flexor al şoldului, are acţiune mai ales în prima parte a mişcării; este şi un adductor, şi un rotator intern. În mers este activ, dar la pedalaj contribuie foarte puţin. Pentru genunchi este flexor şi rotator intern.

Croitorul, datorită variaţiilor individuale de inserţie, poate înregistra o activitate contractilă în diverse situaţii. Este un flexor al şoldului şi al genunchiului. Contracţia cea mai intensă o dezvoltă doar când una dintre aceste articulaţii execută mişcarea. Dacă flexia este concomitentă la ambele articulaţii, activitatea este mai redusă, dar creşte mult când flexia şoldului se face cu flexie maximă în genunchi, dar şi când se extinde genunchiul după ce şoldul a fost flectat. Din şezând, flexia genunchiului (cu rezistenţă) activează maxim muşchiul. În mers, urcat şi coborât, ca şi în pedalaj, *m. sartorius* este întotdeauna activat.

Dreptul anterior (rectus femoris) este muşchiul a cărui acţiune este implicată în concomitenţa flexiei şoldului cu extensia genunchiului, dar care este activ şi în mişcările respective izolate (Basmajian). Există însă şi alte păreri: ar acţiona ca extensor al genunchiului numai dacă şoldul este stabilizat (Okamoto); mişcarea liberă de extensie a genunchiului nu ar activa dreptul anterior (Fohlin şi Carlsöö).

Activitatea *ischiogambierilor (hamstrings)* va fi discutată când ne vom referi la un alt segment – genunchiul.

Relaţia şold-pelvis-coloană. Aceste 3 segmente ale corpului trebuie analizate biomecanic şi împreună căci de cele mai multe ori acţionează în corelare una cu alta.

a) În bascularea anterioară a pelvisului (spinele iliace antero-superioare se mişcă anterior şi inferior) realizează o flexie a CF şi o hiperextensie a coloanei lombare prin alunecarea pelvisului înainte pe capul femural. Această mişcare este dată de contracţia flexorilor Cf şi a extensorilor CL. Bascularea anterioară a pelvisului se produce când linia gravitaţională cade anterior axei şoldurilor.

b) În bascularea posterioară (spinele postero-superioare se deplasează postero-inferior) apare extensia CF şi flexia CL prin alunecarea înapoi a pelvisului pe capul femural. Muşchii implicaţi sunt extensorii CF şi flexorii CL.

c) Mişcarea lombo-pelviană pe capetele femurale apare la aplecarea (flexia) trunchiului spre podea. La începutul acestei mişcări pelvisul alunecă posterior pentru menţinerea centrului gravitaţional deasupra bazei de susţinere. Aproximativ până la 50° de flexie a trunchiului extensorii trunchiului controlează aplecarea, iar mai departe intră în joc ligamentele şi articulaţiile posterioare vertebrale (care sunt orientate în plan frontal). Muşchii se relaxează. La sfârşitul aplecării trunchiului, pelvisul se basculează anterior, iar fesierul mare şi ischiogambierii sunt întinşi spre lungimea maximă. Astfel amplitudinea maximă de flexie a trunchiului va fi dictată de capacitatea de întindere a musculaturii extensoare a şoldului şi trunchiului.

d) Alunecarea laterală a pelvisului este însoţită de abducţia relativă a CF (pe partea coborârii pelvisului) sau de abducţia relativă a CF (pe partea ridicată a pelvisului) (fig. 8.8).

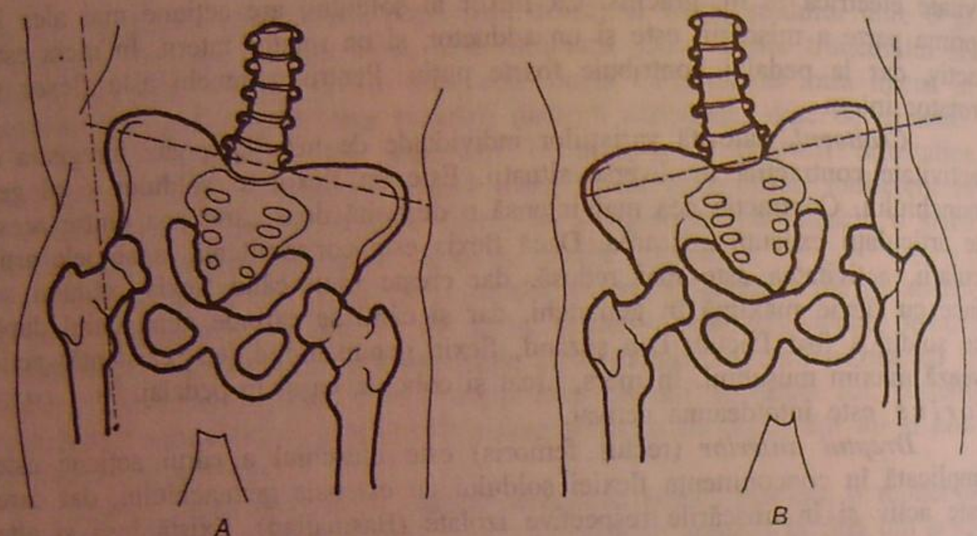


Fig. 8.8. – Raportul mişcării pelvis/şold.
A – Şold drept în pseudoadducţie; *B* – Şold stâng în pseudoabducţie.

Lateroflexia lombară (din ortostatism) se face cu ridicarea bazinului pe acea parte.

Basculareа laterală a pelvisului se realizează cu contribuţia pătratului lombar (de pe partea ridicată) şi a fesierului mijlociu de pe partea opusă.

e) Rotaţia pelvisului nu se poate produce decât în unipodal, partea nesprijinită a bazinului rotindu-se înainte sau înapoi în timp ce trunchiul realizează mişcări inverse. Femurul de sprijin se rotează intern când pelvisul se rotează spre înainte şi se va rota extern când pelvisul se rotează spre înapoi (posterior). Femurul de sprijin se rotează în direcţie inversă decât trunchiul.

f) Mişcările şi poziţiile membrului inferior influenţează pelvisul şi coloana. Astfel flexia activă în CF va bascula anterior bazinul şi va extinde lomba dacă musculatura abdominală nu va stabiliza pelvisul.

Extensia CF va determina fenomene inverse.

Şoldul şi mersul. Articulaţia CF participă în ciclul mersului normal cu o amplitudine în plan sagital de circa 40° şi anume 10° în extensie şi 30° în flexie. Desigur că aceste valori cresc la mersul pe un teren accidentat, la urcarea sau coborârea scărilor.

Alunecarea laterală a pelvisului în mers solicită abductorii şi adductorii iar rotaţia pelvisului pe capul femural (8°) necesită intervenţia rotatorilor.

a) ***Flexorii*** controlează (limitează) extensia coapsei la finalul fazei de sprijin pe membrul inferior respectiv, imediat după aceea realizând prin contracţie concentrică iniţierea perioadei de pendulare. Paralizia flexorilor face ca pendularea membrului inferior să se facă prin basculareа trunchiului. Contractura-retractura flexorilor va limita extensia completă a şoldului în faza de sprijin, pasul va fi micşorat, va fi accentuată lordoza lombară sau se va merge cu trunchiul aplecat înainte.

b) ***Extensorii*** controlează (limitează) activitatea flexorilor în momentul când piciorul ia contact cu solul. După acest moment fesierul mare va începe extensia şoldului. Paralizia fesierului mare este compensată prin basculareа posterioară a trunchiului în aşa fel încât linia gravitaţională să cadă posterior de CF în momentul pasului de sprijin (ligamentul anterior-Bertin va asigura stabilitatea). În cazul contracturii extensorilor va fi limitată pendularea membrului inferior sau se va încerca compensaţia printr-o rotaţie pelviană.

c) ***Abductorii*** asigură prevenirea basculării contralaterale a bazinului în sprijin unipodal.

Paralizia lor determină basculareа trunchiului peste membrul inferior respectiv când acesta este în sprijin (semnul Duchenne-Trendelenburg).

În tabloul 8.I este schematizată kinetica şi kinematica ciclului de mers al şoldului (după Centrul de cercetări „Los Amigos" California).

TABLOUL 8.I

KINETICA ŞI KINEMATICA CICLULUI DE MERS AL ŞOLDULUI (DUPĂ CENTRUL DE CERCETĂRI „LOS AMIGOS" CALIFORNIA)

Faza ciclului mersului	*Amplitudinea mişcării*	*Momentul*	*Activitatea musculară*	*Tipul contracţiei musculare*
Contactul iniţial	25° CF flexie	Rapid, moment de flexie foarte intensă	Ischiogambieri, toţi extensorii sunt activi pentru răspunsul de încărcare	Excentrică Excentrică / isometrică
Răspuns la încărcare	25° CF flexie	Torque-ul de flexie persistă. Al 2-lea torque apare: începe momentul adducţiei	Toţi extensorii CF acţionează. Tensorul fasciei lata (posterior), fesier mijlociu şi mic, fesier mare stabilizează pelvisul în plan frontal.	Excentric Isometric / excentric
Sprijinul de mijloc	Extensie spre poziţie neutrală	Scade momentul flexiei; continuă momentul adducţiei	Abductorii CF în acţiune (grupul) de sus	Isometric / excentric
Terminarea sprijinului	CF extensie 20°	Momentul adducţiei se termină; momentul extensiei menţine stabilitatea CF	Tensorul fasciei lata (anterior)	Excentric
Preoscilaţia	Mişcare spre poziţie neutrală	Momentul extensiei diminuă la 0°	Lung adductor, drept femural	Concentric la CF şi excentric la G
Oscilaţia iniţială	15° de flexie CF	Nemăsurat	Iliacul, croitorul gracilis, lung adductor	Concentric
Oscilaţia de mijloc	25° de flexie CF	Nemăsurat	Iliacul, gracilis sartorius îşi opresc activitatea. Începe ischiogambierul	Concentric excentric
Terminarea oscilaţiei	25° de flexie CF	Nemăsurat	Acţiunea ischiogambierului, fesier mare şi adductori	Excentric Isometric / excentric

Elementele concluzive ale funcţiei CF

1. Poziţia de funcţiune: flexie 15-20°; abducţie 5-10° şi rotaţie uşoară externă.

2. Unghiul util: flexie 45°, abducţie 15°.

3. Goniometrie:

a) Flexie 115-130° (limitată de ischiogambieri ligamentul ischiofemural, sprânceana cotiloidă);

b) Extensia: 15-20° (limitată de ligamentul Bertin);

c) Abducţia: 45° (limitată de adductori, ligamentul ileofemural şi pubofemural, marginea cotilului);

d) Adducţia: 30° (limitată de muşchii fesieri, ligamentul rotund);

e) Rotaţia externă: 45-60° (limitată de ligamentul Bertin şi pubofemural şi rotatorii interni);

f) Rotaţia internă: 45-50° (limitată de ligamentul ischiofemural şi rotatorii externi).

4. Axele de mişcare:

a. ax transversal pentru flexie-extensie;

b. ax anteroposterior pentru abducţie-adducţie;

c. ax vertical (ax longitudinal) pentru rotaţii.

5. Stabilitatea în cotil:

a) Musculatura cu direcţie orizontală (pelvitrohanterieni, fesier mijlociu şi mic) fixează capul femural în cotil;

b) Musculatura cu direcţie longitudinală (adductori, croitori, drept anterior, ischiogambieri) au tendinţa de a luxa capul femural.

6. Modul de alunecare a capului femural în cotil:

În timpul:		*În direcţia:*
– Flexiei	→	– Posterior
– Extensiei	→	– Anterior
– Abducţiei	→	– Inferior
– Adducţiei	→	– Superior
– Rotaţiei interne	→	– Posterior
– Rotaţiei externe	→	– Anterior

7. Modul de alunecare a cotilului pe capul femural (când membrul inferior este fixat şi mişcăm pelvisul).

Alunecarea cotilului se va executa în aceeaşi direcţie cu cea a pelvisului.

Mişcarea pelvisului	*Direcţia de alunecare a cotilului*
Anterior	anterior
Posterior	posterior
Lateral	
* pelvis ridicat	inferior
* pelvis coborât	superior
Rotat înainte	anterior
Rotat înapoi	posterior

8. Valoarea unghiurilor de mişcare (în 3 planuri) necesară în unele activităţi uzuale:

– Legarea şireturilor cu piciorul pe sol	sagital	124°
	frontal	19°
	transvers	15°
– Şezând pe scaun şi ridicându-ne	sagital	104°
	frontal	20°
	transvers	17°
– Aplecare pentru a culege un obiect de pe jos	sagital	117°
	frontal	21°
	transvers	18°
– Poziţie ghemuit	sagital	122°
	frontal	28°
	transvers	26°
– Urcat scări	sagital	67°
	frontal	16°
	transvers	18°
– Coborât scări	sagital	36°

8.2. GENUNCHIUL

Incontestabil că genunchiul s-a bucurat şi se bucură, comparativ cu celelalte articulaţii, de cea mai mare atenţie din partea cercetătorilor. Aceasta se poate uşor constata din literatura medicală preclinică şi clinică publicată. Există mai multe motive pentru această realitate. Nu numai pentru că este cea mai mare articulaţie a corpului (20 cm^2), ci mai ales pentru faptul că determină cele mai frecvente suferinţe dintre articulaţiile periferice ale corpului. În plus, are o structură complexă (cu meniscuri, ligamente intraarticulare, cel mai mare os sesamoid-rotula etc.) ca şi o participare multiplă la funcţiile întregului membru inferior şi corp.

Mai adăugăm faptul că, fiind o articulaţie cu puţină acoperire de ţesut moale, cu abordare uşoară, este utilizată de obicei pentru diverse studii articulare.

Se spune că genunchiul este o articulaţie cu un grad de libertate: flexie-extensie. De fapt, kinematica genunchiului poate realiza 6 direcţii de mişcare: flexie-extensie, rotaţie laterală şi medială, valgus şi varus, translare anterioară şi posterioară, translare medială şi laterală, compresie şi tracţiune. Este adevărat că în afară de flexie-extensie, care sunt mişcări pendulatorii sau oscilatorii, restul fac parte din mişcările „jocului articular" (vezi capitolul despre „Amplitudinea de mişcare"). De altfel, genunchiul prezintă cel mai bun exemplu de demonstrare a „jocului articular".

Genunchiul are 2 articulaţii: femuro-tibială şi femuro-patelară formând împreună structura tricompartimentală a genunchiului: compartimentul medial

Elementele concluzive ale funcţiei CF

1. Poziţia de funcţiune: flexie 15-20°; abducţie 5-10° şi rotaţie uşoară externă.

2. Unghiul util: flexie 45°, abducţie 15°.

3. Goniometrie:

a) Flexie 115-130° (limitată de ischiogambieri ligamentul ischiofemural, sprânceana cotiloidă);

b) Extensia: 15-20° (limitată de ligamentul Bertin);

c) Abducţia: 45° (limitată de adductori, ligamentul ileofemural şi pubofemural, marginea cotilului);

d) Adducţia: 30° (limitată de muşchii fesieri, ligamentul rotund);

e) Rotaţia externă: 45-60° (limitată de ligamentul Bertin şi pubofemural şi rotatorii interni);

f) Rotaţia internă: 45-50° (limitată de ligamentul ischiofemural şi rotatorii externi).

4. Axele de mişcare:

a. ax transversal pentru flexie-extensie;

b. ax anteroposterior pentru abducţie-adducţie;

c. ax vertical (ax longitudinal) pentru rotaţii.

5. Stabilitatea în cotil:

a) Musculatura cu direcţie orizontală (pelvitrohanterieni, fesier mijlociu şi mic) fixează capul femural în cotil;

b) Musculatura cu direcţie longitudinală (adductori, croitori, drept anterior, ischiogambieri) au tendinţa de a luxa capul femural.

6. Modul de alunecare a capului femural în cotil:

În timpul:		*În direcţia:*
– Flexiei	→	– Posterior
– Extensiei	→	– Anterior
– Abducţiei	→	– Inferior
– Adducţiei	→	– Superior
– Rotaţiei interne	→	– Posterior
– Rotaţiei externe	→	– Anterior

7. Modul de alunecare a cotilului pe capul femural (când membrul inferior este fixat şi mişcăm pelvisul).

Alunecarea cotilului se va executa în aceeaşi direcţie cu cea a pelvisului.

Mişcarea pelvisului		*Direcţia de alunecare a cotilului*
Anterior	→	anterior
Posterior	→	posterior
Lateral		
* pelvis ridicat	→	inferior
* pelvis coborât	→	superior
Rotat înainte	→	anterior
Rotat înapoi	→	posterior

8. Valoarea unghiurilor de mişcare (în 3 planuri) necesară în unele activităţi uzuale:

– Legarea şireturilor cu piciorul pe sol	sagital	124°
	frontal	19°
	transvers	15°
– Şezând pe scaun şi ridicându-ne	sagital	104°
	frontal	20°
	transvers	17°
– Aplecare pentru a culege un obiect de pe jos	sagital	117°
	frontal	21°
	transvers	18°
– Poziţie ghemuit	sagital	122°
	frontal	28°
	transvers	26°
– Urcat scări	sagital	67°
	frontal	16°
	transvers	18°
– Coborât scări	sagital	36°

8.2. GENUNCHIUL

Incontestabil că genunchiul s-a bucurat şi se bucură, comparativ cu celelalte articulaţii, de cea mai mare atenţie din partea cercetătorilor. Aceasta se poate uşor constata din literatura medicală preclinică şi clinică publicată. Există mai multe motive pentru această realitate. Nu numai pentru că este cea mai mare articulaţie a corpului (20 cm^2), ci mai ales pentru faptul că determină cele mai frecvente suferinţe dintre articulaţiile periferice ale corpului. În plus, are o structură complexă (cu meniscuri, ligamente intraarticulare, cel mai mare os sesamoid-rotula etc.) ca şi o participare multiplă la funcţiile întregului membru inferior şi corp.

Mai adăugăm faptul că, fiind o articulaţie cu puţină acoperire de ţesut moale, cu abordare uşoară, este utilizată de obicei pentru diverse studii articulare.

Se spune că genunchiul este o articulaţie cu un grad de libertate: flexie-extensie. De fapt, kinematica genunchiului poate realiza 6 direcţii de mişcare: flexie-extensie, rotaţie laterală şi medială, valgus şi varus, translare anterioară şi posterioară, translare medială şi laterală, compresie şi tracţiune. Este adevărat că în afară de flexie-extensie, care sunt mişcări pendulatorii sau oscilatorii, restul fac parte din mişcările „jocului articular" (vezi capitolul despre „Amplitudinea de mişcare"). De altfel, genunchiul prezintă cel mai bun exemplu de demonstrare a „jocului articular".

Genunchiul are 2 articulaţii: femuro-tibială şi femuro-patelară formând împreună structura tricompartimentală a genunchiului: compartimentul medial

(condil femural medial + platoul tibial medial), compartimentul lateral (condil şi platoul lateral) şi compartimentul anterior (articulaţia femuro-polară).

8.2.1. *Articulaţia femuro-tibială*

Flexia şi extensia genunchiului se execută în primele două compartimente, putându-se realiza o flexie de 140-145°. Limitarea flexiei este determinată de ligamentele încrucişate şi de cornul posterior meniscal. Uneori de ţesutul moale (la obezi sau mari atleţi) şi desigur de supleţea aparatului extensor al genunchiului (cvadricepsul).

Se consideră în general că extensia este la 0° dar se admit ca fiind nepatologice şi hiperextensii până la 10°. Limitarea extensiei se produce prin acţiunea ligamentului încrucişat anterior şi posterior, prin capsula posterioară şi cornul anterior meniscal. Deficitul de lungime al hamstringsului şi/sau gastrocnemianului poate determina de asemenea deficit de extensie. În poziţia maximă de extensie avem cea mai bună stabilitate a genunchiului prin „înlăcătarea" („înzăvorârea") articulară (aşa-numitul *„screw home mechanism"*). În poziţia de stabilitate maximă, avem şi poziţia de congruenţă maximă, ceea ce dovedeşte participarea şi a suprafeţelor articulare.

Activităţile uzuale zilnice nu ne cer amplitudini aşa de mari de flexie. Pentru mersul obişnuit sunt suficiente 65-70° flexie, pentru poziţie şezândă 90-95°, pentru urcat scări 83-85°, pentru coborât însă mai mult (uneori peste 100° în funcţie de mărimea treptei), pentru legat şireturile la pantof 105-110° etc. Concomitent cu mişcarea în plan sagital de flexie-extensie, se produc intracapsular mişcările de alunecare ale tibiei pe femur. În extensie, tibia alunecă anterior iar în flexie alunecă posterior (vezi mai departe). Meniscurile sunt direct influenţate de mişcările de flexie-extensie din genunchi. Meniscurile sunt structuri deformabile şi mobile. Astfel extensia genunchiului împinge înainte şi întinde meniscul prin presiunea care se exercită pe el dar şi prin tracţiunea realizată de fibrele meniscopatelare. Invers, flexia genunchiului antrenează înspre posterior meniscul.

O problemă mult studiată a fost centrul de mişcare pentru flexie-extensie. De fapt, nu există un centru, ci o suită de centre instantanee care se schimbă mereu pe măsură ce se flectează genunchiul. Totalitatea acestor centre realizează litera „C" inversată, sau ca o elipsă (fig. 8.9).

Schimbarea continuă a centrului de mişcare se datoreşte „rulării" femurului pe tibie în primele cca 15° de flexie, iar apoi „alunecării" şi „răsucirii" tibiei pe femur. Dacă se produce doar „rularea" femurului pe toată amplitudinea de flexie, femurul ar rula complet posterior pe tibie chiar înainte de a se termina flexia (fig. 8.10).

Orice perturbare în succesiunea centrelor instantanee de mişcare (artroză, rupturi menisc, leziuni ligamentare) va determina presiuni patologice asupra cartilajului articular.

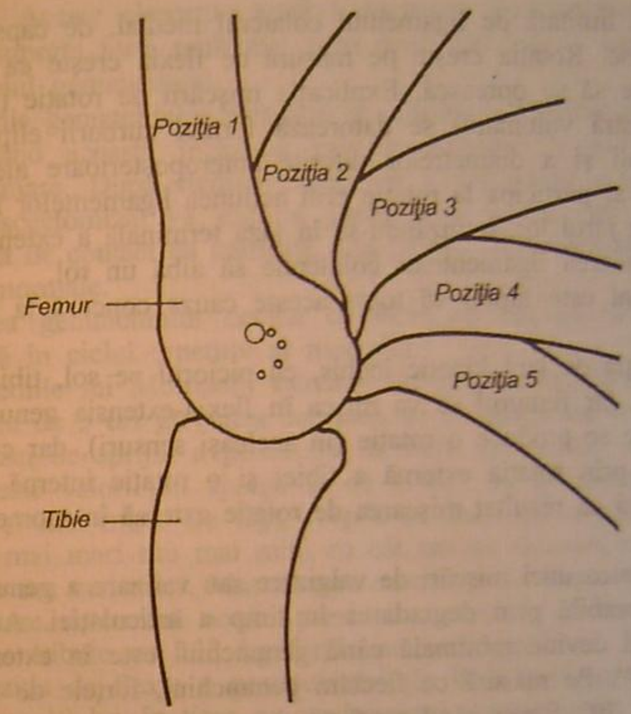


Fig. 8.9. – Suita de centre de rotaţie în mişcarea de flexie-extensie a genunchiului.

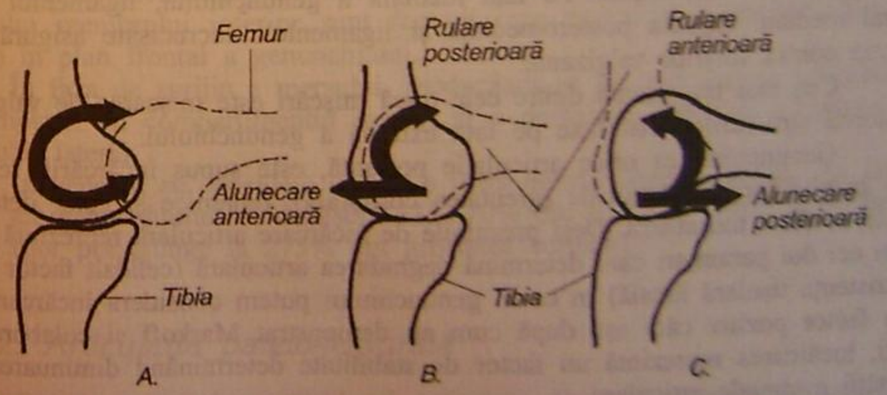


Fig. 8.10. – Rularea condililor femurali pe tibie: *A* – Rulare simplă; *B* – Rulare posterioară şi alunecare anterioară (în flexie); *C* – Rulare anterioară şi alunecare posterioară (în extensie).

Principala mişcare concomitentă cu flexia-extensia este mişcarea de rotaţie care se execută într-un plan transvers. În mişcarea genunchiului în lanţ deschis (fără încărcarea cu greutatea corpului) se produce o rotaţie externă a tibiei pe ultimele 30° de extensie. În flexia tibiei asistăm la o rotaţie internă. Rotaţia medială (internă) este limitată de ligamentul încrucişat anterior şi posterior, de ligamentul colateral lateral, de menisc. Rotaţia laterală

(externă) este limitată de ligamentul colateral medial, de capsula posteromedială şi menisc. Rotaţia creşte pe măsură ce flexia creşte ca la aproximativ 120° de flexie să se oprească. Explicaţia mişcării de rotaţie (care apare fără comanda noastră voluntară) se datorează formei curburii elipsoidale a condililor femurali şi a diametrelor diferite anteroposterioare ale condililor. Şi ţesutul moale ar participa la rotaţie prin acţiunea ligamentelor încrucişate care se răsucesc în jurul lor, întinzându-se în faza terminală a extensiei. Este posibil ca şi întinderea ligamentelor colaterale să aibă un rol.

Important este faptul că toate aceste cauze concură la înlăcătarea genunchiului.

În situaţia de lanţ kinetic închis, cu piciorul pe sol, tibia devine acum segmentul fix, iar femurul se va mişca în flexia-extensia genunchiului. Şi în această situaţie se produce o rotaţie (în aceleaşi sensuri), dar cu o contribuţie de doar 5-7° prin rotaţia externă a tibiei şi o rotaţie internă femurală ceea ce va avea deci ca rezultat mişcarea de rotaţie externă în momentul terminării extensiei.

Posibilitatea unei mişcări de valgizare sau varizare a genunchiului poate fi total nefavorabilă prin degradarea în timp a articulaţiei. Această mişcare în plan frontal devine minimală când genunchiul este în extensie completă, deci „înlăcătat". Pe măsură ce flectăm genunchiul, forţele de varizare cresc. La nivelul de 30° flexie când tendinţa de varizare este mare se vor opune acestei tendinţe: ligamentul colateral lateral, capsula posterolaterală articulară şi ligamentele încrucişate. Pe faţa medială a genunchiului, ligamentul colateral median, capsula posteromedială şi ligamentele încrucişate asigură protecţia contra forţelor valgizante.

Cea mai importantă dintre cele două mişcări este mişcarea de valgizare datorită structurilor mai laxe pe faţa externă a genunchiului.

Genunchiul, ca orice articulaţie portantă, este supus încărcării, respectiv presiunilor gravitaţionale (greutatea corporală), dinamice şi celor determinate de forţa musculară. Deşi presiunile de încărcare articulară reprezintă unul din cei doi parametri care determină degradarea articulară (celălalt factor fiind rezistenţa tisulară locală) în cazul genunchiului putem considera încărcarea şi ca factor pozitiv căci aşa după cum au demonstrat Markoff şi colaboratorii săi, încărcarea reprezintă un factor de stabilitate determinând diminuarea laxităţii eventuale articulare.

În plus, testările au arătat că un genunchi meniscectomizat este mai slab (instabil) în condiţii de neîncărcare decât de încărcare.

În ortostatism unipodal, pe un genunchi aliniat, încărcarea va fi egală cu greutatea corpului, iar în bipodal cu 1/2 din greutatea lui. Cea mai redusă presiune pe unitatea de suprafaţă de sprijin se realizează în extensie completă, în starea de înlăcătare completă, când congruenţa articulară este maximă, deci suprafaţa articulară de contact va fi maximă.

Suprafaţa platoului tibial medial este cu 60% mai mare decât a platoului lateral. De altfel, şi grosimea cartilajului este de 3 ori mai mare decât

a celui lateral. Aceste elemente arată capacitatea compartimentului medial articular de a suporta forţe mult mai mari decât cel lateral, fenomen de altfel real la nivelul genunchiului.

Meniscurile genunchiului participă la suportarea încărcării articulare şi anume diminuând această încărcare prin repartizarea ei mai bună pe o suprafaţă mai mare. După studiile făcute de Fukubayashi şi Kurosawa, un genunchi meniscectomizat va suporta presiuni de 2 ori mai mari căci îşi reduce suprafaţa de contact cu jumătate, comparativ cu un genunchi cu meniscuri prezente, normale.

Încărcarea genunchiului devine deosebit de importantă în condiţiile dinamice, adică în ciclul repetitiv al mersului.

După studiile lui Morrison, valoarea de vârf a forţelor de compresie, valoare egală cu de 3 ori greutatea corpului, se înregistrează în prima şi ultima parte a fazei de sprijin a piciorului în mers. În urcatul unei pante sau unor scări, aceste valori pot ajunge la de 4-4,25 ori greutatea corpului. În alergat pot fi şi mai mari. De fapt, forţele de încărcare articulară dinamică vor fi cu atât mai mari sau mai mici cu cât nevoia de contracţie musculară va fi mai mare sau mai mică. Musculatura extensoare şi flexoare a genunchiului este cea care determină aceste presiuni. Astfel, în poziţia de extensie, cvadricepsul contribuie cu 132 kg forţă, iar ischiogambierii cu 268 kg. În schimb, în poziţia de flexie a genunchiului (la 90°) ischiogambierii nu mai încarcă decât cu 10 kg, în timp ce cvadricepsul contribuie cu 274 kg (după studiile lui Smidt).

Aşadar, încărcarea corpului, forţele musculare ca şi calitatea aliniamentului membrului inferior sunt factorii care realizează presiunile (încărcarea) în plan frontal a genunchiului.

În faza de sprijin a mersului, producându-se un uşor var, se realizează o compresie în compartimentul medial şi o desfacere (căscare) a compartimentului lateral.

În general, se consideră că la un mers normal forţele verticale de presiune ale genunchiului rar depăşesc 115-120% din greutatea corpului. În alergatul uşor pot ajunge la 275% din greutatea corpului.

8.2.2. *Articulaţia patelo-femurală*

Rotula este osul sesamoid cel mai mare din corp. Feţetele ei concave de pe faţa posterioară alunecă pe suprafeţele convexe ale celor 2 condili femurali. De fapt, patela ia contact cu femurul doar în flexie. Primul contact se produce la o flexie de 20° a genunchiului (cu polul inferior). La 90° contactul realizându-se în centrul rotulei, ea pătrunzând în şanţul trohlear.

Poziţia patelei este puţin asimetrică, deplasată uşor spre lateral, deplasare ce se accentuează la flexia ce depăşeşte 90°. Alinierea patelei este asigurată lateral de bandeleta iliotibială şi retinaculum lateral care se opun tracţiunii mediale a vastului medial. Tendonul rotulian puternic fixează rotula inferior, contra forţelor de tracţiune ale cvadricepsului.

Deşi se poate trăi foarte bine şi fără patelă (postpatelectomie), totuşi rolul biomecanic al rotulei este important. În primul rând, patela măreşte braţul momentului al tendonului cvadricipital ceea ce face să se realizeze un torque al extensorului gambei adecvat cerinţelor. Astfel braţul momentului începe să crească în extensie pornind de la 90° spre 45° (3,8-4,9 cm) ca apoi spre extensia completă să scadă din nou, dar puţin, ajungând la 4,4 cm (Smidt). Se poate acum înţelege de ce cvadricepsul poate genera cel mai mare torque la o angulaţie a genunchiului de 45° flexie.

În al 2-lea rând, trebuie avută în vedere forţa de contact patelofemurală care creşte cu gradul de flexie (la urcat scări, la stat în poziţie ghemuită, poziţie mahomedană etc.) atât prin presiunea mecanică cât şi prin creşterea tensiunii în cvadriceps. Presiunile sunt foarte mari. Astfel după ce flexia genunchiului depăşeşte 30° presiunea egalează greutatea corpului, la urcatul scărilor se apropie de 3-4 ori greutatea corpului, iar în poziţia ghemuit poate ajunge de 7-8 ori greutatea corpului.

Aceste forţe de compresie pot fi mai mici dacă rotula are o aliniere perfectă ceea ce face ca aceste forţe să se disperseze. Mai există un factor protector. Este vorba de modul de organizare a sistemului trabecular al osului subcondral patelar care „absoarbe" o parte din aceste forţe compresive. Se înţelege de ce procesul degenerativ articular al genunchiului sau dezaxările patelare lasă aceste forţe să acţioneze la intensităţile maxime. În ceea ce priveşte axarea patelei, un rol principal îl joacă raportul forţelor vastului medial oblic şi vastul lateral. Raportul normal trebuie să fie de 1/1. Raportul scade în durerea femuropatelară. Atenţie! Hidartroza inhibă forţa vastului medial.

8.2.3. *Stabilitatea genunchiului*

Proces biomecanic extrem de important pentru funcţia membrului inferior, deoarece genunchiul în ortostatism şi mers trebuie să transforme cele 2 segmente, coapsa şi gamba, într-o tijă unitară stabilă.

Stabilitatea genunchiului se realizează prin componente pasive şi active. O serie de elemente ale stabilităţii pasive au mai fost discutate ceva mai sus.

1. ***Stabilitatea pasivă*** este realizată de:

a) Forma suprafeţelor articulare, cu corectările aduse de cartilaj şi meniscuri;

b) Formaţiunile capsuloligamentare:
- Intern: ligamentul colateral intern (tibial), ligamentul capsular intern;
- Extern: *fascia lata* – bandeleta iliotibială –, ligamentul colateral extern (peronier), tendonul popliteului;
- Posterior: ligamentul posterior (Winslow);
- Anterior: tendonul rotulian şi fascia genunchiului;
- Central: ligamentele încrucişate.

Aceste formaţiuni definitivează şi axele de mişcare.

c) Axele anatomice femurotibiale asigură extensiei G o stabilitate perfectă, fără să intre ligamentele în joc. Mişcarea G (flexie-extensie) modifică axele de stabilitate, făcând să intre în joc aparatul capsuloligamentar. În mişcarea de flexie, axele se dereglează şi apare *varus*-ul, care este blocat de rotaţia internă. La apariţia *valgus*-ului se produce rotaţia externă – deci, *varus*-ul şi rotaţia internă se controlează reciproc, întocmai ca *valgus*-ul şi rotaţia externă; invers, rotaţia internă facilitează *valgus*-ul, iar rotaţia externă *varus*-ul.

Dacă în extensia G controlul stabilităţii unipodale este bine asigurat prin elementele de structură, plus contracţia musculară, nu acelaşi lucru se întâmplă în flexie. Iată, schematic, realizarea acestui control la diverse grade de flexie:

- La 0° flexie, capacitatea rotatorie (de 10°) este stăpânită de ligamentele încrucişate (pentru rotaţia internă) şi de cele colaterale (pentru rotaţia externă).
- La 30° flexie, capacitatea rotatorie (de 15°) este stăpânită de cvadriceps şi gemeni, plus aparatul ligamentar.
- La 60° flexie, capacitatea rotatorie este maximă (de 30°), deci şi instabilitatea este maximă, căci aparatul capsuloligamentar este aproape complet scos din uz; controlul activ rămâne singur (croitorul, ischiogambierii, muşchii „labei de gâscă").
- La 90° flexie, capacitatea rotatorie (de 20°) este controlată de cvadriceps.

2. ***Stabilitatea activă*** este realizată de muşchi. La şold, au fost deja discutaţi o serie de muşchi care acţionează şi deasupra genunchiului, fiind muşchi poliarticulari. S-a discutat astfel despre dreptul anterior, croitor, dreptul intern.

Vaştii sunt extensori puternici ai genunchiului, împreună cu dreptul anterior *(rectus femoris)*. Toate cele 4 capete ale cvadricepsului acţionează în extensia gambei, cu sau fără încărcare, în lanţ kinetic deschis sau în lanţ kinetic închis (cu piciorul pe sol). Ar exista oarecare preponderenţă a vastului medial pe ultimele grade de extensie când gamba e încărcată. Mai important este rolul acestuia de prevenire a dislocării laterale a rotulei la sfârşitul extensiei. Ideea că deficitul de extensie pe ultimele 15°, datorat vastului medial, ar determina genunchi instabil este nefondată (Basmajian, Hallen, Lindahl). Pierderea ultimelor 15° de extensie este rezultatul slăbirii întregului cvadriceps, căci pentru aceste 15° este necesară o creştere cu 60% a forţei cvadricepsului, comparativ cu forţa dezvoltată în extensie până la acest nivel.

Unele studii au arătat că însuşi *vastus intermedius* (cruralul) are aceeaşi comportare ca şi ceilalţi muşchi din cvadriceps. O serie de cercetări mai vechi, de prin anii '50, raportaseră unele diferenţe, contradictorii însă unele faţă de altele.

Basmajian arată că, de fapt, la bază stă variaţia individuală. Comportamentul celor 4 muşchi variază în anumite limite, uneori chiar semnificativ,

de la un subiect la altul. Chiar facilitarea contracţiei cvadricepsului prin flexia (uneori extensia) degetelor şi piciorului este extrem de variabilă de la un individ la altul. Nici rotaţia şoldului şi nici flexia lui nu au adus constante şi reproductibile influenţe asupra forţei de contracţie a cvadricepsului. În schimb, s-a demonstrat la toţi subiecţii că extensia contra unei rezistenţe dă o activitate mai intensă decât contracţia statică. Cea mai mare activitate se înregistrează când mişcarea de extensie parcurge ultima jumătate a amplitudinii ei (de la 90°). Contracţia statică dă maximum de ce poate da doar când extensia este completă.

Popliteul este un rotator medial al tibiei, rămânând continuu în activitate în poziţii de genuflexiune, ajutând ligamentul încrucişat posterior să prevină dislocarea înainte a genunchiului.

Am văzut că *ischiogambierii (hamstrings)* – bicepsul femural, semimembranosul şi semitendinosul – au acţiune şi asupra şoldului, şi asupra genunchiului. Primul lor rol este de extensori simpli ai CF (fesierul mare este un extensor doar în mişcarea contra rezistenţei), ca şi de flexori şi rotatori ai tibiei.

Bicepsul femural este un rotator extern sigur al CF în extensie şi adducţie şi doar în mai puţin de jumătate din cazuri execută şi rotaţia externă (laterală) a genunchiului. În poziţie de repaus – stând sau în unipodal –, bicepsul femural nu este în activitate (de altfel ca întreg *hamstrings*-ul).

Semimembranosul şi semitendinosul sunt extensori şi adductori ai şoldului abdus când mişcarea se face cu rezistenţă; pentru genunchi, sunt flexori şi rotatori interni.

În mers, ischiogambierii intră în activitate în diferite faze ale acestuia. Astfel, deşi acţionează sincron, semitendinosul, ca şi capătul lung al bicepsului femural, are o activitate trifazică în mers, în timp ce semimembranosul şi capătul scurt al bicepsului au activitate bifazică.

De reţinut că ischiogambierii care acţionează asupra ambelor articulaţii nu pot determina o acţiune singulară. Sub contracţia integrală a lor se va mişca acea articulaţie care nu este imobilizată (prin comandă sau de către alţi factori).

Stabilitatea activă a genunchiului în mers se realizează prin „zăvorârea" sau „înlăcătarea" pe ultimele grade de extensie a lui, care înseamnă şi rotaţie externă a tibiei (cu 2-5°), permiţând condilului medial să se blocheze prin întinderea ligamentului colateral lateral şi a ligamentului încrucişat antero-extern. În „zăvorârea" genunchiului *(„locked position")* această rotaţie externă are un rol decisiv (mecanismul *„screw home"*, „înşurubarea lăcaşului"). Extensia şi rotaţia externă sunt rezultatul contracţiei cvadricepsului şi ischiogambierilor, căci aceştia din urmă trag înapoi genunchiul, determinând şi rotaţia externă. În această „zăvorâre", când piciorul este pe sol, un rol îl joacă şi tricepsul sural, care, luând punct fix pe calcaneu, trage îndărăt condilii femurali (gemenii) şi tibia (solearul).

Aprecierea capacităţii funcţionale a muşchilor prin valoarea torque-ului (forţa × braţul momentului) rămâne desigur cea mai corectă modalitate. Musculatura genunchiului a fost studiată din plin prin acest parametru, căci tehnic, măsurătorile sunt cel mai uşor de executat. A fost măsurat torque-ul isometric ca şi cel concentric sau excentric. S-a dovedit şi cu această ocazie că torque-ul excentric este mai mare ca cel isometric care, la rândul lui, este mai mare decât cel concentric (Smidt).

Desigur că valoarea torque-ului variază cu unghiul de flexie al genunchiului căci se modifică braţul momentului.

Torque-ul isometric al extensorilor ar fi la 45° flexie, ajungând spre 226 Nm după unii cercetători. Torque-ul concentric variază în jur de 151 Nm. De fapt, cifrele sunt foarte variate în funcţie de studiile diverşilor cercetători.

Torque-ul isometric al flexorilor ar fi cel mai mare la 30° flexie (157 Nm) pentru a ajunge la 142 Nm la 60°, iar la 0° să fie doar 63 Nm.

Trebuie avut în vedere că poziţia şoldului (gradul de flexie) va influenţa şi ea valoarea torque-ului flexorilor genunchiului. Astfel, din poziţie şezândă, torque-ul flexorilor va fi de 39 Nm la 0° flexie CF, 49 Nm la 45° flexie CF şi 57 Nm la 90° flexie CF.

În ultimul timp, se acordă o mare atenţie raportului de forţă extensori/flexori ai genunchiului. Se consideră că raportul torque-ului extensori/flexori poate fi maxim 2,19/1 pentru bărbaţi şi 2,32/1 la femei (Goslin, Charteris). În contracţia isokinetică la o viteză de 30°/sec se consideră că un raport în jur de 2,25/1 este perfect normal, în timp ce unul de 1,25/1 este anormal de mic după cum unul de 3,25/1 este anormal de mare. Se consideră (cam arbitrar) că recuperarea unui genunchi nu este completă dacă nu am obţinut un raport extensori/flexori de 2/1 sau nişte extensori nu mai slabi de 60% comparativ cu cei de la membrul opus.

8.2.4. *Genunchiul în mers*

Genunchiul are un dublu rol în mers:

a) asigură statica în momentul sprijinului;

b) asigură dinamica mersului prin ridicarea piciorului de pe sol şi orientarea acestuia în funcţie de denivelările terenului în momentul de oscilaţie al membrului inferior.

Pentru un mers normal este suficientă variaţia de amplitudine între 0° şi 60° bineînţeles în prezenţa unei funcţii normale a celorlalte articulaţii ale membrului respectiv. Orice limitare de amplitudine de mişcare a acestor articulaţii, genunchiul va încerca să o compenseze printr-o creştere de angulaţie.

Tabloul 8.II rezumă activitatea articulaţiei genunchiului şi a muşchilor adiacenţi în diferite faze ale mersului. În ultima coloană este notat tipul de contracţie pe care-l realizează muşchii într-o anumită fază a mersului.

TABLOUL 8.II

ACTIVITATEA ARTICULAŢIEI GENUNCHIULUI ŞI A MUŞCHILOR ADIACENŢI ÎN DIFERITE FAZE ALE MERSULUI (DUPĂ BRODY L.T. ŞI TREWAIN L.)

Faza ciclului de mers	*Amplitudinea mişcării genunchiului (în grade)*	*Momentul*	*Activitatea musculară*	*Tipul de contracţie*
Contactul iniţial	0° (extensie completă)	Flexie	Cvadriceps Hamstrings	Isometric Isometric
Răspunsul la încercare	Flexie 0-15°	Flexie	Cvadriceps	Excentric
Mijlocul sprijinului	Extensie spre 5° de flexie	Flexie spre extensie	Cvadriceps	Concentric
Terminarea sprijinului	Extensie la 0°	Extensie	Minimă	
Preoscilaţia	Flexie la 40°	Flexie	Minimă	
Oscilaţia iniţială	Flexie de la 40° la 60°		Hamstrings	Concentric
Mijlocul oscilaţiei	Extensie de la 60° la 30°		Mai ales pasiv cu oarecare contribuţie a hamstringsului	Excentric
Terminarea oscilaţiei	Extensie de la 30° la 0°		Hamstrings Cvadriceps	Excentric Concentric

8.2.5. *Biomecanica ligamentelor genunchiului*

Structura ligamentară a genunchiului este cu totul deosebită faţă de toate celelalte articulaţii determinând în acelaşi timp şi particularităţi funcţionale. Este vorba de ligamentele colaterale, lateral şi medial (LCL şi LCM) dar mai ales de ligamentele încrucişate, anterior şi posterior (LIA şi LIP).

Cum s-a mai arătat, LCM (în conexiune cu porţiunea de capsulă corespunzătoare) controlează valgul şi rotaţia externă (le limitează), participă la blocarea alunecării anterioare a platoului tibial median (alături de LIA) şi a alunecării condilului femural medial (ajutat de LIP). Deci stabilizează genunchiul în plan orizontal şi frontal.

LCL şi zona capsulară adiacentă alături de bandeleta Maissiat (tractul iliotibial) limitează varul şi rotaţia internă, blochează alunecarea anterioară a platoului lateral tibial.

LCL este mai puţin întins decât LCM. LIA şi LIP se plasează în centrul articular al genunchiului, motiv ce atrage implicarea acestor ligamente în toate mişcările genunchiului, participând la stabilitatea articulaţiei în toate cele 3 planuri:

– în plan sagital: LIA se opune alunecării anterioare a tibiei sau a celei posterioare a femurului, iar LIP invers;

– în plan orizontal:
  - în rotaţia internă LIA se înfăşoară în jurul LIP, oprind astfel această rotaţie;
  - în rotaţie externă cele 2 ligamente încrucişate se descrucişează, adică devin paralele (în plan orizontal) ceea ce face ca cele 2 compartimente ale genunchiului să devină autonome, cel medial rămâne fix datorită LIP, iar cel lateral devine mobil;
– în plan frontal:
  - în extensie completă LIA şi LIP sunt întinse şi stabilizează genunchiul;
  - în flexie stabilitatea ligamentară diminuă treptat.

Să mai adăugăm doar că stabilitatea posterioară este dată de aparatul capsulo-ligamentar posterior format din capsulă cu întăriturile ei ligamentare, LIP şi muşchiul popliteu cu tendonul său. Acest aparat blochează tendinţa de recurvatum, participând la zăvorârea genunchiului în extensie.

8.3. *Glesna şi piciorul*

Complexul anatomo-funcţional glesnă-picior s-a bucurat de mult mai puţine studii decât celelalte 2 articulaţii ale membrului inferior. Studiile făcute totuşi au avut ca obiect „piciorul în secvenţialitatea mersului", interesul pentru piciorul static sau în lanţ kinetic deschis fiind mult mai mic. Poate şi datorită unei patologii degenerative articulare mult mai rare decât la alte articulaţii ale membrului inferior.

Ca şi la nivelul segmentului distal al membrului superior (pumn-mână), glesna şi piciorul prezintă o multitudine de zone articulare din care doar unele prezintă şi mobilitate.

S-a spus despre glesnă şi picior că reprezintă „o minune a naturii" datorită capacităţii extraordinare atât de susţinere (reprezintă segmentul care susţine întreaga greutate a corpului) cât şi de mişcare, propulsie şi ridicare a corpului.

O particularitate structurală locală este şi reţeaua de ligamente şi tendoanele foarte lungi ale muşchilor care funcţionează şi ca ligamente.

Câteva noţiuni de terminologie trebuie lămurite înainte de a aborda aspectele de biomecanică.

„Glesna" este articulaţia formată din tibie-peroneu şi talus (astragal), iar tot ce se află în afara acestei zone articulare intră în noţiunea de „picior". Structurat, piciorul prezintă un „antepicior" format din degete şi cele 5 metatarsuri, un „picior mijlociu" (sau de mijloc) compus din oasele tarsului (cuneiform, navicular, şi cele trei cuboide) şi un „picior posterior" format din talus şi calcaneu.

Mişcările piciorului în glesnă în plan sagital (ax orizontal pe planul frontal) sunt cele de flexie plantară şi flexie dorsală. În articulaţia subtalară

se produc mişcări de flexie-extensie, abducţie-adducţie şi rotaţie. Aceste mişcări fiind însă combinate realizează pronaţia şi supinaţia piciorului.

Pronaţia este combinarea a trei mişcări: dorsiflexie+eversie+abducţie. Eversia fiind o mişcare proprie piciorului care se execută pe un ax lung orientat pe direcţia anteroposterioară a piciorului (în lungul piciorului) mişcarea în care piciorul „caută să privească în afară". Abducţia se execută pe un ax vertical mişcând în lateral (în afară) piciorul faţă de poziţia zero.

Supinaţia combină alte trei mişcări: flexia plantară + inversia + adducţia, adică mişcarea inversă decât pronaţia. În inversie, piciorul „caută să privească înăuntru".

Deseori termenul de pronaţie este înlocuit cu eversie, ceea ce este doar pe jumătate corect. Este corect, căci eversia se produce numai în cadrul mişcării de pronaţie, este incorect deoarece eversia este numai o parte a mişcării de pronaţie, eversia pură fiind imposibilă.

Acelaşi lucru relativ la supinaţie şi inversie.

Mai trebuie precizat că, pentru piciorul posterior, valgul este sinonim cu eversia, iar varul cu inversia.

În sfârşit antepiciorul se poate deplasa pe un plan orizontal în jurul unui ax vertical în afară (abducţie) sau spre intern (adducţie).

*
* *

Articulaţia talocrurală sau glesna propriu-zisă este reprezentată de „scoaba" formată din tibie cu maleola tibială, fibulă cu maleola peronieră şi osul talus.

Teoretic mişcarea talocrurală este de prono-supinaţie dar din cauza formei capetelor osoase articulare, practic această mişcare complexă este dominată de dorsiflexie şi flexia plantară. Celelalte două componente sunt doar schiţate.

Mişcarea totală în plan sagital are o amplitudine de 80° din care 50° pentru flexia plantară.

Stabilitatea articulară este dată, în primul rând, de greutatea corpului şi completată de mulţimea de ligamente.

Poziţia de fixare a glesnei este în dorsiflexia extremă.

Articulaţia subtalară, între talus şi calcaneu, prezintă 2 dacă nu chiar 3 feţe articulare concavo-convexe (posterior, antero-lateral şi antero-medial) care determină tipul de mişcare în această articulaţie. Şi în această articulaţie se realizează mişcarea triplană (în trei planuri) adică de pronosupinaţie când piciorul se mişcă în lanţ kinetic deschis. În lanţ închis, adică în sprijin, nu se poate realiza abducţia şi dorsiflexia în schimb pronează căci calcaneul eversează. Talusul completează mişcarea în trei planuri prin adducţie şi flexie plantară. Fig. 8.11 arată pronaţia subtalară. Tot în sprijin (lanţ kinetic închis), supinaţia subtalară se realizează invers (fig. 8.12).

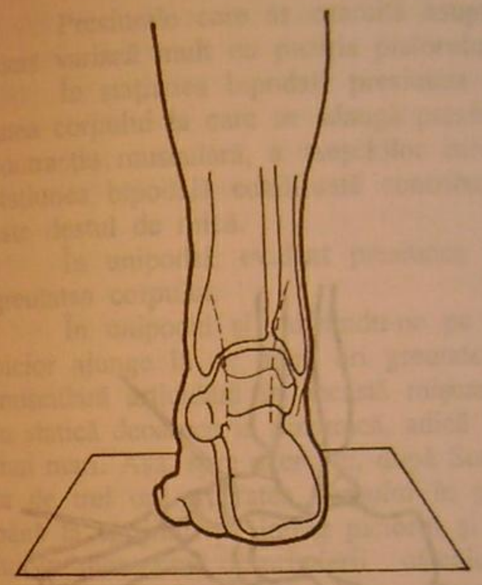


Fig. 8.11. – Pronaţia subtalară.

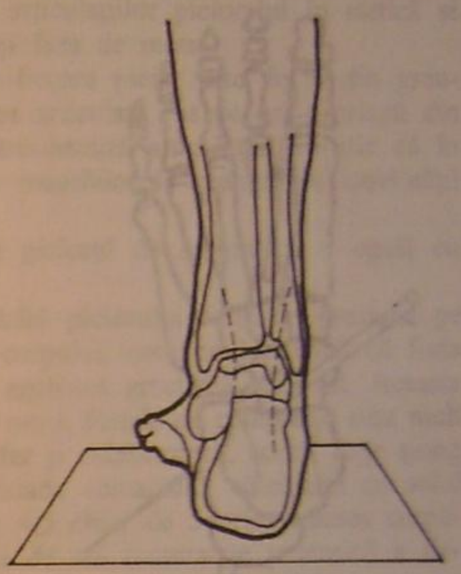


Fig. 8.12. – Supinaţia subtalară.

Trebuie remarcat că, în sprijin pe picior, greutatea corpului va fixa piciorul la sol aşa că mişcarea se observă deasupra axei articulaţiei şi mai puţin dedesubtul ei. Din acest motiv, mişcarea triplană se observă greu.

Amplitudinea de mişcare în subtalară este greu de individualizat. Unii autori o consideră între 17° şi 20°, alţii (Kapandji) măsoară 52° pentru supinaţie şi 25-30° pentru pronaţie.

Articulaţia mediotarsală sau ***tarsală transversă*** (Chopart) se formează între talus şi navicular şi între calcaneu şi cuboid, deci de fapt sunt două articulaţii, dar sub raport funcţional sunt similare deşi prima are trei grade de libertate, iar a doua doar două grade. Acţiunea articulaţiei mediotarsale este cea care contribuie cel mai mult la eversie, respectiv inversia piciorului din cadrul pronosupinaţiei.

Articulaţia mediotarsală se mişcă pe două axe: una longitudinală în plan sagital realizând eversia şi inversia şi foarte puţin flexia dorsală sau plantară ca şi abducţia-adducţia. Cea de-a doua axă, oblică, permite mişcări inverse ca amplitudine faţă de axa longitudinală (fig. 8.13).

După multe studii, amplitudinea de mişcare pe axa longitudinală ar fi de 8° şi de 22° pe axa oblică.

Articulaţia mediotarsală lucrează de fapt sub dependenţa celei subtalare căci depinde de mişcarea talusului care se produce când se mobilizează subtalara şi, în acest fel, modificându-se axele articulaţiei mediotarsale.

Astfel, în momentul pronaţiei subtalarei se produce deschiderea articulaţiei mediotorsale, iar în supinaţia articulaţiei subtalare se produce închiderea (înlăcătarea) mediotarsalei.

se produc mişcări de flexie-extensie, abducţie-adducţie şi rotaţie. Aceste mişcări fiind însă combinate realizează pronaţia şi supinaţia piciorului.

Pronaţia este combinarea a trei mişcări: dorsiflexie+eversie+abducţie. Eversia fiind o mişcare proprie piciorului care se execută pe un ax lung orientat pe direcţia anteroposterioară a piciorului (în lungul piciorului) mişcarea în care piciorul „caută să privească în afară". Abducţia se execută pe un ax vertical mişcând în lateral (în afară) piciorul faţă de poziţia zero.

Supinaţia combină alte trei mişcări: flexia plantară + inversia + adducţia, adică mişcarea inversă decât pronaţia. În inversie, piciorul „caută să privească înăuntru".

Deseori termenul de pronaţie este înlocuit cu eversie, ceea ce este doar pe jumătate corect. Este corect, căci eversia se produce numai în cadrul mişcării de pronaţie, este incorect deoarece eversia este numai o parte a mişcării de pronaţie, eversia pură fiind imposibilă.

Acelaşi lucru relativ la supinaţie şi inversie.

Mai trebuie precizat că, pentru piciorul posterior, valgul este sinonim cu eversia, iar varul cu inversia.

În sfârşit antepiciorul se poate deplasa pe un plan orizontal în jurul unui ax vertical în afară (abducţie) sau spre intern (adducţie).

*
* *

Articulaţia talocrurală sau glesna propriu-zisă este reprezentată de „scoaba" formată din tibie cu maleola tibială, fibulă cu maleola peronieră şi osul talus.

Teoretic mişcarea talocrurală este de prono-supinaţie dar din cauza formei capetelor osoase articulare, practic această mişcare complexă este dominată de dorsiflexie şi flexia plantară. Celelalte două componente sunt doar schiţate.

Mişcarea totală în plan sagital are o amplitudine de 80° din care 50° pentru flexia plantară.

Stabilitatea articulară este dată, în primul rând, de greutatea corpului şi completată de mulţimea de ligamente.

Poziţia de fixare a glesnei este în dorsiflexia extremă.

Articulaţia subtalară, între talus şi calcaneu, prezintă 2 dacă nu chiar 3 feţe articulare concavo-convexe (posterior, antero-lateral şi antero-medial) care determină tipul de mişcare în această articulaţie. Şi în această articulaţie se realizează mişcarea triplană (în trei planuri) adică de pronosupinaţie când piciorul se mişcă în lanţ kinetic deschis. În lanţ închis, adică în sprijin, nu se poate realiza abducţia şi dorsiflexia în schimb pronează căci calcaneul eversează. Talusul completează mişcarea în trei planuri prin adducţie şi flexie plantară. Fig. 8.11 arată pronaţia subtalară. Tot în sprijin (lanţ kinetic închis), supinaţia subtalară se realizează invers (fig. 8.12).

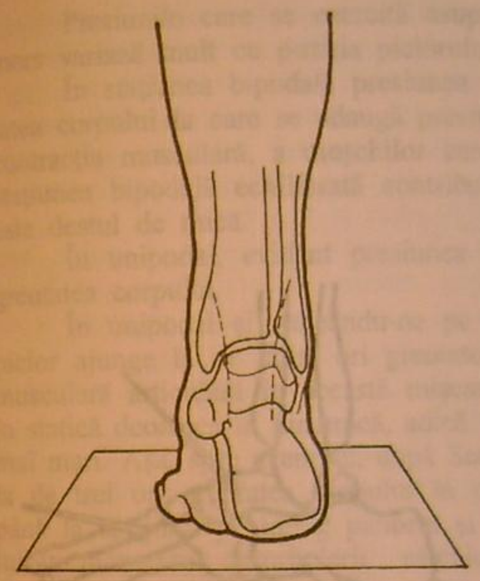


Fig. 8.11. – Pronaţia subtalară.

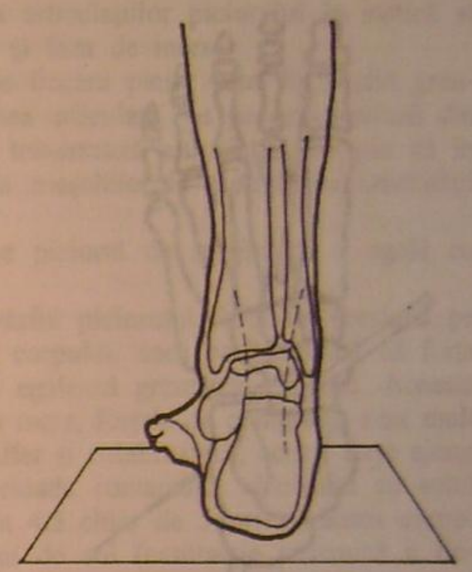


Fig. 8.12. – Supinaţia subtalară.

Trebuie remarcat că, în sprijin pe picior, greutatea corpului va fixa piciorul la sol aşa că mişcarea se observă deasupra axei articulaţiei şi mai puţin dedesubtul ei. Din acest motiv, mişcarea triplană se observă greu.

Amplitudinea de mişcare în subtalară este greu de individualizat. Unii autori o consideră între 17° şi 20°, alţii (Kapandji) măsoară 52° pentru supinaţie şi 25-30° pentru pronaţie.

Articulaţia mediotarsală sau ***tarsală transversă*** (Chopart) se formează între talus şi navicular şi între calcaneu şi cuboid, deci de fapt sunt două articulaţii, dar sub raport funcţional sunt similare deşi prima are trei grade de libertate, iar a doua doar două grade. Acţiunea articulaţiei mediotarsale este cea care contribuie cel mai mult la eversie, respectiv inversia piciorului din cadrul pronosupinaţiei.

Articulaţia mediotarsală se mişcă pe două axe: una longitudinală în plan sagital realizând eversia şi inversia şi foarte puţin flexia dorsală sau plantară ca şi abducţia-adducţia. Cea de-a doua axă, oblică, permite mişcări inverse ca amplitudine faţă de axa longitudinală (fig. 8.13).

După multe studii, amplitudinea de mişcare pe axa longitudinală ar fi de 8° şi de 22° pe axa oblică.

Articulaţia mediotarsală lucrează de fapt sub dependenţa celei subtalare căci depinde de mişcarea talusului care se produce când se mobilizează subtalara şi, în acest fel, modificându-se axele articulaţiei mediotarsale.

Astfel, în momentul pronaţiei subtalarei se produce deschiderea articulaţiei mediotorsale, iar în supinaţia articulaţiei subtalare se produce închiderea (înlăcătarea) mediotarsalei.

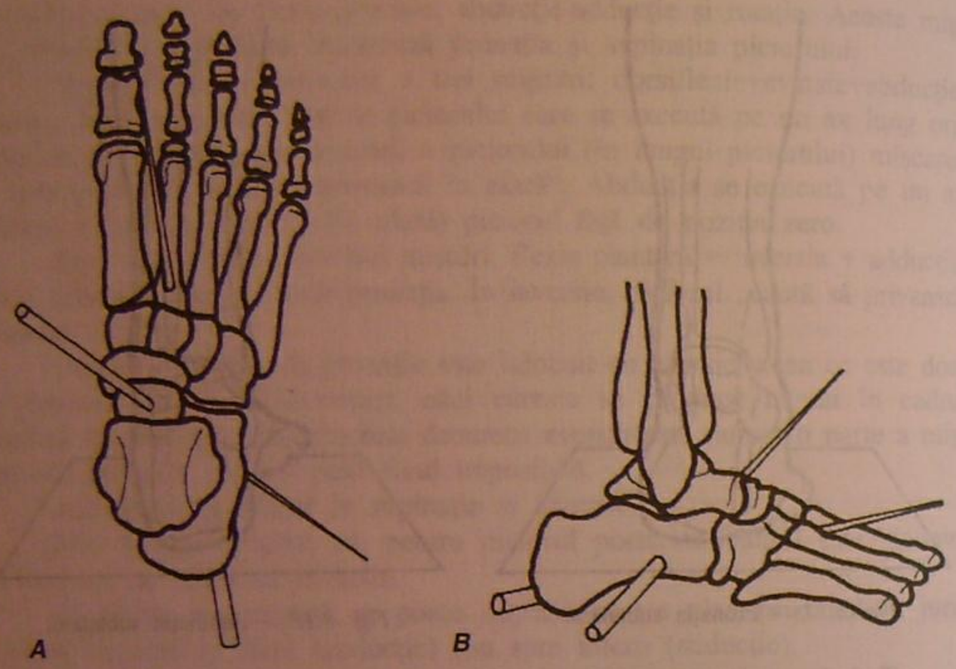


Fig. 8.13. – Axele articulare medio-tarsale:
A – Axa longitudinală; *B* – Axele oblice.

După cum s-a putut constata, toate cele 3 articulaţii ale piciorului (talocrurală, subtalară şi mediotarsală) determină acelaşi tip de mişcare şi anume pronaţia şi supinaţia piciorului, mişcări complexe ce se execută triplan. Ce diferă între aceste trei articulaţii este gradul de contribuţie al fiecăreia la complexul de mişcare (eversie-inversie, flexie plantară-dorsiflexie, abducţie-adducţie).

În practică este foarte greu de diferenţiat mişcările fiecărei articulaţii, studiile făcute având din acest motiv o destulă relativitate.

Articulaţia tarso-metatarsiană (Lisfranc) este foarte puţin mobilă fiind formată de cuboid cu cele 3 cuneiforme pe de o parte şi cu capetele celor 5 metatarsiene. Ligamentele interosoase, ligamentele dorsale şi cele plantare asigură rigiditatea articulaţiei. Rolul ei principal este de a asigura apropierea metatarsienelor. Este articulaţia de sprijin în faza de mijloc a fazei de sprijin în mers.

Articulaţiile metatarso-falangiene permit mişcarea degetelor în flexie şi extensie. Pentru mers, este mai importantă extensia. La mână extensia în metacarpofalangiene nu este funcţională. Tot comparativ cu mâna, independenţa mişcării degetelor este mult mai mică la picior. Articulaţiile metatarsofalangiene au o capsulă puternică întărită cu ligamente care explică rezistenţa acestor articulaţii la efortul de mers.

Presiunile care se exercită asupra articulaţiilor piciorului în statică şi mers variază mult cu poziţia piciorului şi faza de mers.

În staţiunea bipodală presiunea pe fiecare picior este de ½ din greutatea corpului la care se adaugă presiunea articulară (os pe os) rezultată din contracţia musculară, a muşchilor care traversează articulaţia. Se ştie că în staţiunea bipodală echilibrată contribuţia muşchilor la menţinerea stabilităţii este destul de mică.

În unipodal, evident presiunea pe piciorul de sprijin va fi egală cu greutatea corpului.

În unipodal şi ridicându-ne pe vârful piciorului forţa de presiune pe picior ajunge la de două ori greutatea corpului, ceea ce înseamnă că forţa musculară articulară în această mişcare egalează greutatea corpului. Aceasta în statică deoarece în dinamică, adică în mers, forţele de compresie sunt mult mai mari. Aşa, spre exemplu, după Stauffer şi colaboratorii, aceste forţe ajung la de trei ori greutatea corpului în perioada contactului călcâiului cu solul până la sprijinul pe întreg piciorul şi la 4,5 chiar de 5 ori greutatea corpului în momentul desprinderii călcâiului de sol (contracţie puternică a flexorilor plantari).

Desigur că odată cu forţele de compresie (presiune) se dezvoltă şi presiunile tangenţiale (de forfecare). Aceste forţe în faza de sprijin a piciorului în mers au o direcţie posterioară (talusul tinzând să se deplaseze posterior în "scoabă"). Mărimea acestor forţe tangenţiale se ridică la 0,5-0,6 ori greutatea corporală. Spre sfârşitul pasului de sprijin, forţele tangenţiale se direcţionează anterior şi sunt mai mici de 1/2 din forţa primului moment al pasului.

Cum se arăta, forţele de compresie se exercită articular: glesna ar avea 11-13 cm^2 suprafaţă pe care o putem considera mare, motiv pentru care repartiţia greutăţii corporale pe cm^2 dă valori mici. Dar repartiţia presiunilor pe suprafaţa de sprijin este variabilă în funcţie de mărimea acestei presiuni. Când presiunea de încărcare este foarte mare atunci într-adevăr aceasta se repartizează pe toată suprafaţa articulară. Altfel, presiunea se distribuie pe suprafaţă mai mică (pe feţele laterale şi mediale ale scoabei).

Presiunea de încărcare corporală în subtalară determină mecanic o tendinţă de eversie aşa cum se vede în fig. 8.14 Se observă că direcţia forţei de încărcare este ceva mai medial faţă de forţa de reacţie a solului transmisă prin calcaneu. Rezultatul este o tendinţă naturală la picior valg (deci spre eversie). Biomecanic această situaţie apare în prima parte a fazei de sprijin a piciorului în mers.

Kinetica piciorului este diferită când analizăm activitatea musculară în lanţ kinetic deschis sau în lanţ kinetic închis şi mers.

Glesna şi piciorul sunt activate de 4 grupe musculare: grupul anterior (tibialul anterior extensorul lung al halucelui, extensorul lung al degetelor şi peroneul al 3-lea), grupul lateral (peroneul lung şi scurt), grupul posterior format dintr-un strat superficial (gastrocnemianul şi solearul, plantarul) şi stratul profund (tibialul posterior, flexorul lung al halucelui, flexorul lung al degetelor), iar al 4-lea grup îl formează muşchii intrinseci aranjaţi în 4 stra-

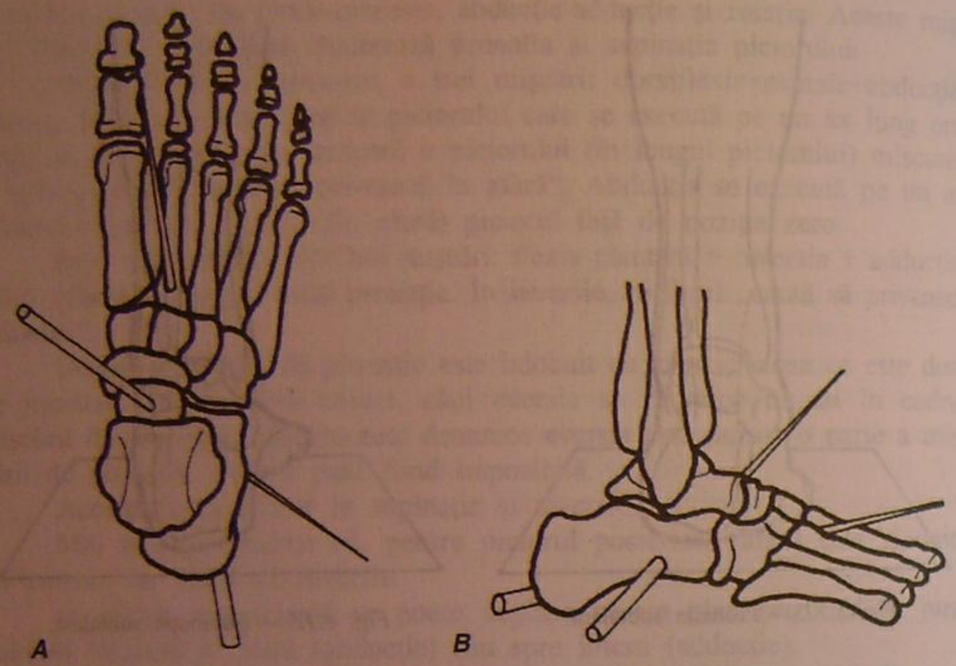


Fig. 8.13. – Axele articulare medio-tarsale:
A – Axa longitudinală; *B* – Axele oblice.

După cum s-a putut constata, toate cele 3 articulaţii ale piciorului (talocrurală, subtalară şi mediotarsală) determină acelaşi tip de mişcare şi anume pronaţia şi supinaţia piciorului, mişcări complexe ce se execută tri-plan. Ce diferă între aceste trei articulaţii este gradul de contribuţie al fiecăreia la complexul de mişcare (eversie-inversie, flexie plantară-dorsiflexie, abducţie-adducţie).

În practică este foarte greu de diferenţiat mişcările fiecărei articulaţii, studiile făcute având din acest motiv o destulă relativitate.

Articulaţia tarso-metatarsiană (Lisfranc) este foarte puţin mobilă fiind formată de cuboid cu cele 3 cuneiforme pe de o parte şi cu capetele celor 5 metatarsiene. Ligamentele interosoase, ligamentele dorsale şi cele plantare asigură rigiditatea articulaţiei. Rolul ei principal este de a asigura apropierea metatarsienelor. Este articulaţia de sprijin în faza de mijloc a fazei de sprijin în mers.

Articulaţiile metatarso-falangiene permit mişcarea degetelor în flexie şi extensie. Pentru mers, este mai importantă extensia. La mână extensia în metacarpofalangiene nu este funcţională. Tot comparativ cu mâna, independenţa mişcării degetelor este mult mai mică la picior. Articulaţiile metatarsofalangiene au o capsulă puternică întărită cu ligamente care explică rezistenţa acestor articulaţii la efortul de mers.

Presiunile care se exercită asupra articulaţiilor piciorului în statică şi mers variază mult cu poziţia piciorului şi faza de mers.

În staţiunea bipodală presiunea pe fiecare picior este de ½ din greutatea corpului la care se adaugă presiunea articulară (os pe os) rezultată din contracţia musculară, a muşchilor care traversează articulaţia. Se ştie că în staţiunea bipodală echilibrată contribuţia muşchilor la menţinerea stabilităţii este destul de mică.

În unipodal, evident presiunea pe piciorul de sprijin va fi egală cu greutatea corpului.

În unipodal şi ridicându-ne pe vârful piciorului forţa de presiune pe picior ajunge la de două ori greutatea corpului, ceea ce înseamnă că forţa musculară articulară în această mişcare egalează greutatea corpului. Aceasta în statică deoarece în dinamică, adică în mers, forţele de compresie sunt mult mai mari. Aşa, spre exemplu, după Stauffer şi colaboratorii, aceste forţe ajung la de trei ori greutatea corpului în perioada contactului călcâiului cu solul până la sprijinul pe întreg piciorul şi la 4,5 chiar de 5 ori greutatea corpului în momentul desprinderii călcâiului de sol (contracţie puternică a flexorilor plantari).

Desigur că odată cu forţele de compresie (presiune) se dezvoltă şi presiunile tangenţiale (de forfecare). Aceste forţe în faza de sprijin a piciorului în mers au o direcţie posterioară (talusul tinzând să se deplaseze posterior în "scoabă"). Mărimea acestor forţe tangenţiale se ridică la 0,5-0,6 ori greutatea corporală. Spre sfârşitul pasului de sprijin, forţele tangenţiale se direcţionează anterior şi sunt mai mici de 1/2 din forţa primului moment al pasului.

Cum se arăta, forţele de compresie se exercită articular: glesna ar avea 11-13 cm^2 suprafaţă pe care o putem considera mare, motiv pentru care repartiţia greutăţii corporale pe cm^2 dă valori mici. Dar repartiţia presiunilor pe suprafaţa de sprijin este variabilă în funcţie de mărimea acestei presiuni. Când presiunea de încărcare este foarte mare atunci într-adevăr aceasta se repartizează pe toată suprafaţa articulară. Altfel, presiunea se distribuie pe suprafaţă mai mică (pe feţele laterale şi mediale ale scoabei).

Presiunea de încărcare corporală în subtalară determină mecanic o tendinţă de eversie aşa cum se vede în fig. 8.14 Se observă că direcţia forţei de încărcare este ceva mai medial faţă de forţa de reacţie a solului transmisă prin calcaneu. Rezultatul este o tendinţă naturală la picior valg (deci spre eversie). Biomecanic această situaţie apare în prima parte a fazei de sprijin a piciorului în mers.

Kinetica piciorului este diferită când analizăm activitatea musculară în lanţ kinetic deschis sau în lanţ kinetic închis şi mers.

Glesna şi piciorul sunt activate de 4 grupe musculare: grupul anterior (tibialul anterior extensorul lung al halucelui, extensorul lung al degetelor şi peroneul al 3-lea), grupul lateral (peroneul lung şi scurt), grupul posterior format dintr-un strat superficial (gastrocnemianul şi solearul, plantarul) şi stratul profund (tibialul posterior, flexorul lung al halucelui, flexorul lung al degetelor), iar al 4-lea grup îl formează muşchii intrinseci aranjaţi în 4 stra-

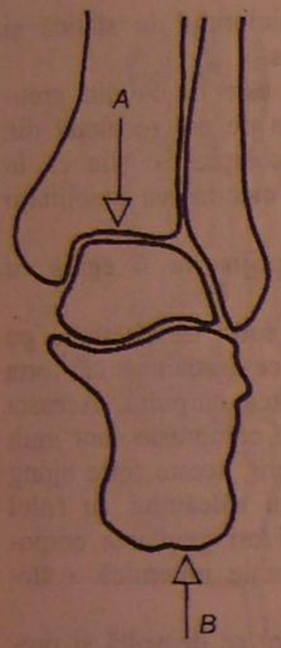


Fig. 8.14. – Încărcarea corporală:
A – Forţa de presiune pe articulaţia subtalară; *B* – Presiunea solului pe calcaneu (lateral de A).

turi. De la suprafaţă spre profunzime, ei se dispun în următoarea ordine: abductorul halucelui, flexorul scurt al degetelor, abductorul degetului mic, apoi pătratul plantar şi cei 4 lumbricali, urmează flexorul scurt al halucelui, adductorul halucelui şi flexorul degetului mic, iar cel mai profund strat conţine cei 7 interosoşi (3 plantari şi 4 dorsali).

Acţiunea principală a acestor 4 grupe este cunoscută: grupul anterior – dorsiflexori, cel lateral – eversori, grupul posterior – flexie plantară, toate, acţiuni realizate în lanţ kinetic deschis.

Acţiunea musculaturii intrinseci este arătată în denumirea muşchilor.

Biomecanica piciorului este importantă, în mers pentru funcţia integrativă a corpului, problema ce va fi discutată ceva mai departe.

Valorile torque-ului musculaturii glesnei şi piciorului sunt foarte dificil de analizat datorită multitudinii de articulaţii ceea ce face să varieze mult mărimile braţelor momentului.

Orientativ, torque-ul flexorilor plantari în contracţie isometrică, când piciorul este în poziţie neutrală are în medie 113 Nm, scăzând mult în poziţie de flexie: la 15° flexie = 83 Nm, iar la 30° flexie ajunge la 65 Nm.

În schimb, în flexia dorsală valorile cresc (la 15° dorsiflexie = 134 Nm).

Poziţia genunchiului influenţează valorile torque-ului piciorului. Cea mai mare valoare se obţine având genunchiul extins. În această poziţie, torque-ul flexiei plantare este cu 15% mai mare, comparativ cu situaţia unui genunchi la 90° flexie.

Desigur că există variaţii ale mărimii torque-ului între indivizi (neantrenaţi). Interesant că după studiile lui J. Falkel diferenţe semnificative între indivizi nu ţin de sex şi înălţime, ci de vârstă şi greutatea corporală.

În ceea ce priveşte dorsiflexia isometrică în poziţie neutrală, ea a fost de cca 30 Nm.

Torque-ul isokinetic – cum se ştie – este înregistrat pe aparatură dinamometrică specială la diverse viteze de mişcare.

Pentru flexia plantară la 30; 90 şi 180 grade/sec viteză de mişcare s-au înregistrat 101; 54 şi 24 Nm valori ale torque-ului.

Dorsiflexia analizată la 60 şi 80°/sec isokinetic a determinat un torque de 24, respectiv 13 Nm.

Toate aceste valori diferă mai mult sau mai puţin de la un grup de cercetători la altul. Important de reţinut ordinul de mărime şi diferenţele între diversele situaţii funcţionale.

Se afirma la începutul acestui subcapitol că în funcţia glesnei şi piciorului sunt foarte mult implicate ligamentele şi tendoanele având rol în stabilitatea şi dinamica piciorului. Forţele determinate de aceste ţesuturi moi sunt foarte diferite de la o structură la alta şi de asemenea de la o poziţie a piciorului la alta.

Astfel, forţa de încărcare în tendonul tibialului anterior este mică, nu depăşeşte 20% din greutatea corporală. De altfel, contracţia acestui muşchi se produce în mers pe o perioadă scurtă la sfârşitul fazei de oscilaţie a piciorului.

În schimb, tensiunea în tendonul ahilian este mare, ceea ce determină şi o compresie crescută în glesnă.

Ca ligament, incontestabil că ligamentul talofibular anterior este cel mai important deoarece este principalul stabilizator al glesnei şi un stabilizator indirect şi al articulaţiei subtalare. Ligamentul are mare importanţă în controlul mişcării talusului. Cum arătam mai sus, poziţia de înlăcătare (de fixare) a glesnei este în dorsiflexie, poziţie în care ligamentul talofibular anterior participă la blocarea glesnei.

Laxitatea glesnei care creşte din dorsiflexie spre flexie plantară se datoreşte şi tensiunii din acest ligament.

Tensiunile care se dezvoltă în acest ligament merg de la 58 la 556 N, adică pot creşte de 10 ori în funcţie de poziţia piciorului.

Strâns legată de funcţiile tendo-ligamentare ca şi de forma scheletului este problema arcelor piciorului.

Piciorul poate fi considerat un resort compus dintr-un sistem de arce realizate de oasele tarsiene şi metatarsiene, menţinute de ligamente şi fascia plantară şi tensionate de tonusul muscular.

Există 2 arce longitudinale (intern şi extern) şi unul transversal (anterior).

Arcul longitudinal intern cu vârful bolţii la scafoid este menţinut de ligamentele plantare dintre oasele tarsului (astragalocalcanean, calcaneoscafoidian, scafocunean, cuneometatarsian) şi de fascia plantară. Tensionarea arcului este realizată în principal de tibialul posterior. Rolul lungului peronier lateral (vechiul „păzitor al bolţii plantare") nu mai este acceptată decât când piciorul este pe sol, având deci bolta fixată, şi când o contracţie a lui va trage de cuboid accentuând bolta. Cu piciorul în lanţ deschis contracţia peronierului va tracţiona de baza metatarsianului 1 şi mai mult va şterge bolta decât să o accentueze.

În formarea şi menţinerea bolţii un rol real îl joacă şi flexorii degetelor (lungul şi scurtul flexor al degetelor, flexorul halucelui şi lumbricalii).

Arcul longitudinal intern are un rol predominent dinamic lucrând ca un amortizor al şocurilor la mers şi sărit. În stând asigură stabilitatea internă a piciorului.

Arcul longitudinal extern este un resort scurt având mai ales rol static (stabilitatea externă) decât dinamic.

Este format din calcaneu, cuboid şi metatars, menţinut de ligamentul calcaneocuboidian plantar şi fascia plantară şi tensionat de scurtul şi lungul peronier lateral.

Arcul transvers (anterior) format din cele 3 oase cuneiforme şi cuboid cu cheia de boltă la al 2-lea cuneiform; se continuă cu boltirea în acelaşi sens a metatarsienelor dar se aplatizează treptat spre capetele acestora. Ligamentele interosoase ale tarsului anterior şi ligamentul transvers al metatarsului menţin bolta. Muşchiul tibial posterior şi musculatura intrinsecă tensionează arcul.

Datorită acestor 3 arce se consideră că piciorul se sprijină pe 3 puncte: calcaneu şi capetele metatarsienelor 1 şi 5. Desigur că suprafaţa de contact este mult mai mare, ea alcătuind amprenta plantară.

Piciorul plat şi cel scobit sunt cele 2 modificări patologice ale bolţii plantare care afectează arcele fiziologice perturbând statica piciorului.

8.3.1. *Biomecanica piciorului în mers*

Rolul glesnei şi piciorului în mers este decisiv atât în faza de sprijin, cât şi în cea de oscilaţie.

Analiza configuraţiei şi biomecanicii piciorului duce uşor la concluzia că glezna şi piciorul s-au modelat filogenetic în primul rând pentru mers.

Mersul va mai fi abordat într-un subcapitol special. Aici vor fi prezentate doar elementele de bază ale contribuţiei piciorului în cadrul analizei biomecanicii gleznei şi piciorului.

Aşa cum se ştie, mersul are 2 faze principale: faza de susţinere care ar putea fi împărţită în mai multe secvenţe: contactul iniţial (cu călcâiul), încărcarea piciorului posterior, sprijinul pe mijlocul piciorului, terminarea fazei de susţinere (sprijin pe antepicior) şi secvenţa desprinderii (preoscilaţia). Faza a 2-a, a oscilaţiei (pendulării), cu piciorul în aer are de asemenea câteva secvenţe: oscilaţia iniţială, oscilaţia de mijloc şi cea terminală.

Tabloul 8.III rezumă fenomenele biomecanice ale glesnei şi piciorului în fiecare fază şi fiecare secvenţă în parte. Analizând tabloul se constată că faza de sprijin prin contactul iniţial porneşte de la poziţia de zero (neutrală) a articulaţiei talocrurale şi de la o articulaţie subtalară în supinaţie.

În momentul în care greutatea corpului începe să fie translată către piciorul care începe sprijinul (iniţial pe călcâi) se produce o flexie plantară până la 15°, iar subtalara pronează ceea ce va „deslăcăta" articulaţia mediotalară, determinând astfel libertatea de mişcare a întregului picior.

Şocul de izbire şi încărcare a calcaneului în primele 2 secvenţe se transmite până în vertex, transmitere însă absorbită aproape complet de către combinaţia dintre: pronaţia subtalară, eversia calcaneului, flexia plantară talară, flexia genunchiului, rotaţia medială a tibiei şi femurului.

TABLOUL 8.III

KINETICA ŞI KINEMATICA PICIORULUI ÎN TIMPUL MERSULUI (DUPĂ STAN SMITH ŞI CARRIE HALL)

Faza ciclului de mers	*Articulaţia*	*Amplitudinea de mişcare*	*Momentul*	*Activitatea musculară*	*Tipul de contracţie musculară*
Contactul iniţial	Talocrurală (TC) Subtalară (ST)	0° dorsiflexie (poziţie neutrală) ST supinaţie	Flexie plantară Varus	Dorsiflexori Muşchii eversori	Isometric Isometric
Încărcarea piciorului posterior	TC ST	Flexie plantară între 0°-15° Începe pronaţia	Flexie plantară Mişcare spre valg	Dorsiflexori Muşchi inversori	Excentric Excentric
Sprijin pe mijlocul piciorului	TC ST	Dorsiflexie spre 10° Începe resupinarea	Mişcarea spre dorsiflexie Valg mişcând spre var	Flexori plantari Inversori	Excentric Excentric spre concentric
Terminarea fazei de sprijin	TC ST	Dorsiflexie spre 15° Continuă supinaţia	Dorsiflexie Varus	Flexori plantari Eversori	Excentric spre concentric Isometric
Preoscilaţia	TC ST	Flexie plantară spre 20° Rămâne supinată	Dorsiflexie Varus -	-	-
Oscilaţia iniţială	TC ST	Dorsiflexie spre 10° -	-	Dorsiflexori -	Isotonă -
Oscilaţia de mijloc	TC ST	Dorsiflexie spre 0° -	-	Dorsiflexori -	Isotonă -
Terminarea oscilaţiei	TC ST	Staţionară la 0° -		Dorsiflexori -	Isometrică -

În primele 2 secvenţe se produce de asemenea în piciorul de mijloc o pronaţie mediotarsală în timp ce piciorul anterior suferă o uşoară supinaţie compensatorie.

În secvenţa de sprijin pe mijlocul piciorului gamba distal alunecă înainte peste picior realizând o dorsiflexie în articulaţia talocrurală de aproximativ 10°. Concomitent articulaţia subtalară trece din poziţia pronată anterioară spre supinată trecând prin poziţia neutrală. Aceste mişcări se petrec înainte de a ridica călcâiul. Această supinaţie progresivă va „înlăcăta", va fixa articulaţia mediotarsală creând astfel un picior rigid ca un levier pentru secvenţa de propulsie. Imposibilitatea acestor mişcări (patologică) determină dificultăţi mari de mers. Pe toată secvenţa sprijinului pe mijlocul piciorului, genunchiul şi şoldul sunt în extensie, iar tibia şi femurul sunt rotate înspre lateral.

Din acest moment, greutatea corpului este translată spre piciorul anterior pe capetele metatarsienelor, iar călcâiul începe să se ridice. Articulaţia

talocruralã îşi creşte dorsiflexia cu încă 5-15 ca imediat apoi, în momentul terminal al sustenţiei, să flecteze plantar cu 20.

În tot acest timp, articulaţia subtalară şi mediotalară rămân supinate şi înlăcătate pentru a menţine rigiditatea piciorului.

Trecerea spre faza de oscilaţie (pendulare) a piciorului, făcându-se cu flexia plantară a piciorului, se va asocia imediat flexia genunchiului, iar gamba va continua rotaţia laterală. Procesul de propulsie iniţiat de flexia plantară cu presarea solului în momentul terminării fazei de sprijin este continuat în faza de oscilaţie prin pendularea anterioară a întregului membru inferior. Această pendulare produce o parte din energia pentru propulsia membrului inferior opus. Astfel dacă sub raport biomecanic membrele inferioare sunt sănătoase, mersul consumă relativ puţină energie.

În secvenţa de terminare a pendulării, femurul este uşor rotat medial, genunchiul extins, glezna în dorsiflexie spre poziţia neutrală, articulaţia subtalară uşor supinată.

În tabloul 8.III, ultimele 2 coloane rezumă activitatea musculară în timpul mersului. Importantă este faza de sustenţie când suntem în prezenţa unei biomecanici în lanţ kinetic închis. În acest context o activitate musculară excentrică are rol în realizarea decelerației (opririi) unei mişcări, cea isometrică pentru stabilizarea mişcării, iar contracţia concentrică pentru accelerarea mişcării.

Într-o anumită fază sau secvenţă a mersului, muşchii pot avea uneori o dublă funcţie asupra uneia sau mai multor articulaţii.

În tablou se precizează că, în secvenţa „contactului iniţial", avem o contracţie a dorsiflexorilor (tibial anterior şi extensorul degetelor) într-un moment când, gravitaţional, piciorul trebuie să „cadă" adică să se producă flexia plantară. Dorsiflexorii trebuie să lucreze în contracţie excentrică pentru a aşeza pe sol lent piciorul a cărui tendinţă gravitaţională este de cădere plantară. Această mişcare se produce în articulaţia talocruralã. În articulaţia subtalară muşchii peroneu lung şi scurt realizează eversia calcaneului şi iniţiază pronaţia.

În secvenţa de susţinere pe mijlocul piciorului, avansul gambei necesită contracţia excentrică a gastrocnemianului şi solearului pentru a decelera, a limita, această mişcare a tibiei. În articulaţia subtalară muşchii tibial posterior, lungul flexor al degetelor şi flexorul lung al halucelui contractându-se excentric vor controla pronaţia piciorului. Această contracţie, respectiv pronaţie, sunt destul de slabe într-un mers normal, lent, dar devin din ce în ce mai intense în mersul rapid şi, mai ales, în fugă.

Tibialul posterior este cunoscut ca muşchiul care menţine arcul longitudinal al piciorului. Tot el grăbeşte resupinaţia în momentul susţinerii corpului în unipodal.

Tricepsul sural continuă să fie în contracţie excentrică şi în secvenţa de terminare a sprijinului la desprinderea vârfului piciorului de sol. În acest moment, lungul peronier stabilizează planta, fixând primul metatars, moment important deoarece pe această rază a piciorului se face repartiţia celei mai importante părţi din greutatea corporală.

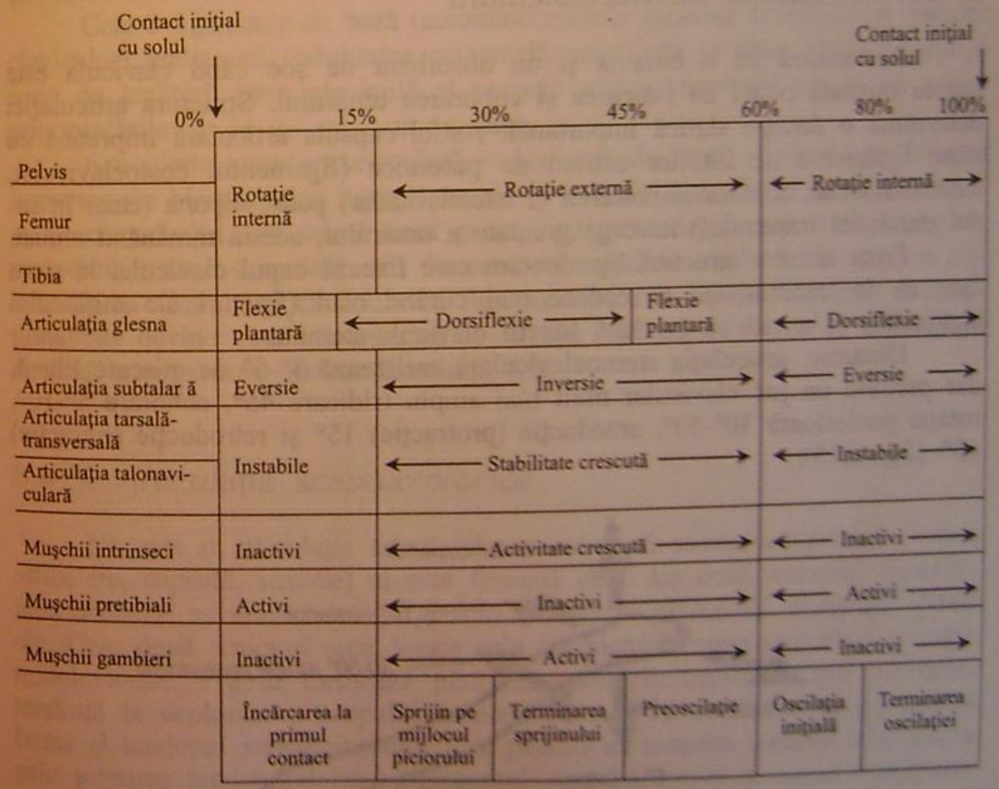
O problemă conexă cu biomecanica piciorului este aspectul legat de alinierea piciorului faţă de propriile axe, dar şi faţă de gambă şi restul corpului. Despre această problemă se va discuta într-un alt capitol.

*
* *

În încheierea întregului capitol al biomecanicii membrului inferior prezentăm mai jos un tablou sinoptic al ciclului de mers cu participarea fiecărui segment (tabloul 8.IV).

TABLOUL 8.IV

DIAGRAMA CICLULUI DE MERS (DUPĂ R. A. MANN)



8.4. *Scapulohumerala*

Umărul este cea mai mobilă articulaţie a corpului, având cea mai imperfectă coaptare a suprafeţelor articulare. Acest neajuns este compensat de un sistem de structuri capsulotendinos extrem de eficient, sistem care stă şi la baza marii majorităţi a suferinţelor umărului.

Articulaţia umărului este de fapt un complex articular format din 4 articulaţii: sternoclaviculară, acromioclaviculară, scapulotoracică şi glenohumerală. Este evident că biomecanica articulaţiei umărului va reprezenta biomecanica fiecăreia dintre articulaţiile componente precum şi rezultanta globală a lor care reprezintă biomecanica globală propriu-zisă a scapulohumeralei.

După unii ar mai trebui să considerăm şi o a 5-a articulaţie, bursa seroasă sub acromiodeltoidiană. Aceasta şi cu articulaţia scapulotoracică sunt considerate false articulaţii, fiind de fapt „suprafeţe de alunecare". Denumirea frecventă a umărului de „centură scapulară" înglobează de fapt articulaţia sternoclaviculară, acromioclaviculară şi scapulotoracică.

8.4.1. *Articulaţia sternoclaviculară*

Acţionează ca o balama şi un absorbant de şoc când clavicula este amplu mişcată odată cu ridicarea şi coborârea umărului. Structura articulaţiei determină o funcţie statică importantă. Astfel capsula articulară împreună cu nişte ligamente de întărire extrem de puternice (ligamentul costoclavicular, sternoclavicular, anterior şi posterior şi interclavicular) poate suporta (chiar în cazul paraliziei trapezului) întreaga greutate a umărului, acesta rămânând aliniat.

Forţa acestor structuri ligamentare care fixează capul claviculei la stern face ca în traumatisme să cedeze mai curând osul (fracturi ale mijlocului claviculei) şi nu să se producă luxaţii claviculo-sternale.

Dinamic, articulaţia sternoclaviculară realizează 3°-6° de mişcare liberă, dar permite un joc clavicular mult mai amplu (ridicare 45°, coborâre 5°-10°, rotaţie posterioară 30°-50°, anteducţie (protracţie) 15° şi retroducţie (retracţie) 15° (fig. 8.15).

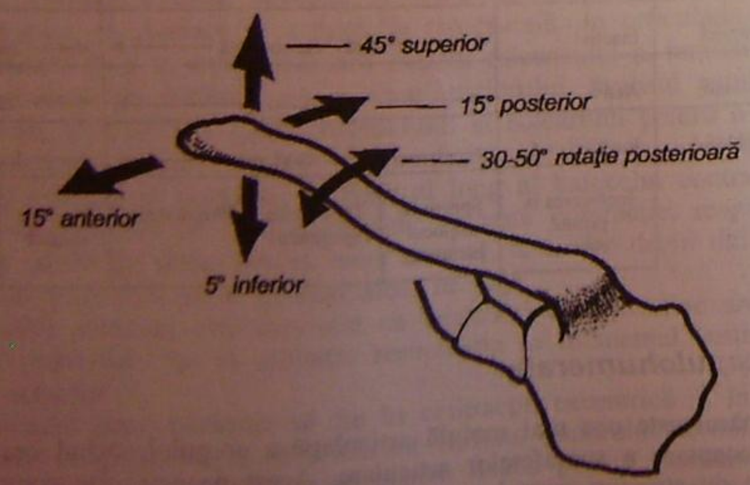


Fig. 8.15. – Amplitudini de mişcare în articulaţia sternoclaviculară.

8.4.2. *Articulaţia acromioclaviculară*

Faţetele propriu-zise articulare (între claviculă şi procesul acromial al scapulei) fiind foarte mici creează discuţii în aprecierea exactă a fenomenelor biomecanice. În plus, se pare că există sub acest aspect o mare variaţie între indivizi.

Ca şi articulaţia sternoclaviculară, structura ligamentară periarticulară permite o amplitudine de mişcare relativ mare. Pe axul antero-posterior în timpul mişcării de rotaţie în sus a scapulei apare mişcarea de ridicare de 20°-60° (în momentul ridicării umărului). Pe axul vertical apare mişcarea de rotaţie medială (30°-50°), iar pe axul frontal mişcarea de înclinare anterioară şi posterioară cca 30°.

Cele 3 ligamente de bază (acromioclavicular superior şi inferior şi coracoclavicular) realizează stabilitatea orizontală articulară, în plus, ultimul fiind şi forţa de legătură între claviculă şi scapulă prin intermediul căruia se transmit mişcările de la un segment la altul.

Articulaţia acromioclaviculară – deşi atât de mică – poate juca un rol important în biomecanica întregii articulaţii scapulohumerale în situaţia în care se blochează (ex., în cazul unui proces articular degenerativ). Blocarea va prejudicia rotaţia scapulară atât de necesară mişcării ample a SH căci va determina ca scapula şi clavicula să funcţioneze ca o unitate. Această disfuncţionalitate devine traumatică pentru structurile subacromiale care se degradează ducând la agravarea disfuncţionalităţii SH.

8.4.3. *Articulaţia scapulotoracică*

Nu este o articulaţie adevărată, cu structură anatomică clasică (capete articulare, capsulă, sinovie) ci este formată doar din două structuri (scapula, faţa concavă, ventrală a ei şi grilajul costal) şi planul de alunecare dintre ele. Cele două structuri sunt legate prin ligamentele corocoacromial şi acromioclavicular. Primul formează plafonul scapulohumeral blocând eventuala tendinţă la deplasare a corpului humeral în sus. În acelaşi timp, protejează bursa şi tendonul supraspinosului (dar putând în anumite condiţii să-l lezeze prin presarea tendonului între ligamentul corocoacromial şi capul humerusului).

Mişcarea în scapulotoracică este dependentă de mişcarea claviculei în cele două articulaţii (sternoclaviculară şi acromioclaviculară). Clasic putem admite că în scapulotoracică se pot realiza mişcări de ridicare-coborâre, abducţie-adducţie, rotaţie în sus şi jos. De fapt mişcări pure nu există. Spre exemplu, ridicarea scapulei se asociază cu rotaţia în sus şi basculareа anterioară. Despre contribuţia acestor mişcări la amplitudinile mari de mobilitate ale scapulei-humeralei se va discuta ceva mai departe.

8.4.4. *Articulaţia glenohumerală*

Este principala articulaţie a umărului. Orientarea capetelor articulare ale humerusului şi respectiv scapulei este arătată în fig. 8.16. Această orientare are un rol important în biomecanica scapulohumerală.

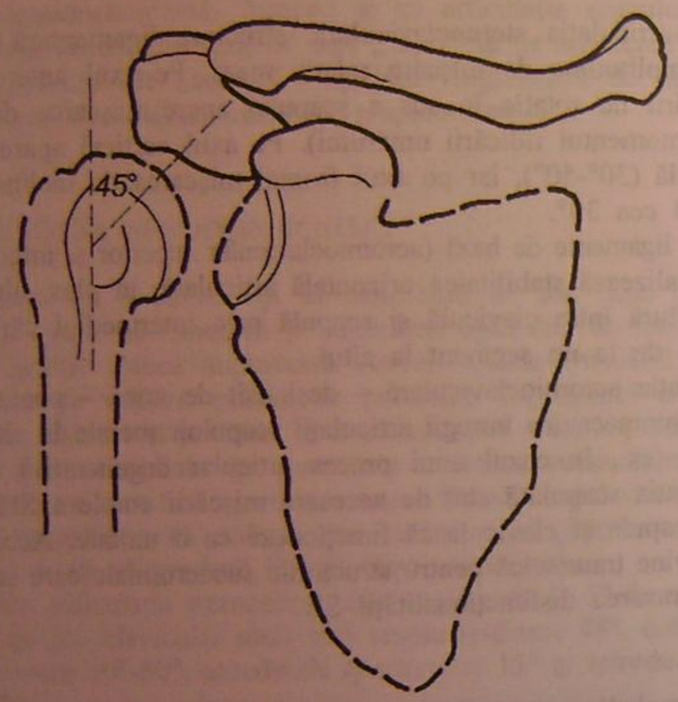


Fig. 8.16. – Orientarea capului humeral şi a glenei.

Glena scapulară este doar 1/2 ca lungime şi 1/3 ca lărgime faţă de dimensiunea capului humeral. Prezenţa fibrocartilajului de pe marginea glenei (labrum) mai măreşte adâncimea glenei pentru a asigura o congruenţă ceva mai bună.

Atât orientarea cât şi slaba congruenţă articulară creează premisele unei hipermobilităţi cât şi a unei instabilităţi articulare în toate direcţiile, dar mai ales anterior şi inferior. Capsula şi ligamentele încearcă să frâneze din aceste amplitudini mari de mişcare.

Mobilitatea glenohumerală realizează 105-120° de flexie, 30-55° de extensie, o abducţie de 105-120°. Rotaţiile sunt dependente de poziţia braţului. Astfel rotaţia externă cu braţul la trunchi (addus) este de 80°, iar cu braţul abdus este de 90°. Rotaţia internă este de circa 70°.

Pentru umăr se consideră şi mişcarea de abducţie-adducţie cu braţul la orizontală care atinge aproape 180° (45° spre posterior şi 135° în adducţie, calculul făcându-se de la poziţia de 90° abducţie orizontală).

Mişcările atât de ample în glenă sunt posibile datorită unui „joc articular" amplu (rulare şi glisare).

Aşa cum precizam, biomecanica umărului este o rezultantă a mişcărilor simultane în toate cele 4 articulaţii. Mişcarea este denumită *„ritmul scapulohumeral"*.

Un element esenţial este participarea mişcării scapulei la amplitudinea mobilităţii scapulohumerale. Se admite că scapula nu intră în joc decât după abducţia braţului de 30° sau flexia lui de 60°. De la aceste nivele de amplitudine mişcarea celor două articulaţii, glenohumerală şi scapulotoracică, se cuplează, prima realizând până la 120°, iar a doua până la 60°. Se poate observa că pentru fiecare unghi de 2° în glenohumerală scapula parcurge 1°. Kapandji a postulat mai demult pentru a simplifica lucrurile că până la 90° mişcarea este glenohumerală, iar între 90-150° ea este scapulotoracică.

Fără să fie riguros exact, punctul de vedere al lui Kapandji poate fi luat în considerare pentru practica kinetică recuperatorie.

Articulaţiile claviculare au o participare importantă la mişcarea de ridicare a braţului. Această mişcare este de altfel începută în articulaţia sternoclaviculară şi ea se desfăşoară în timpul primelor 90° ale ridicării braţului ceea ce înseamnă că pentru fiecare 10° de ridicare a braţului în glenă, mişcarea de ridicare a claviculei este de 4-5°, ridicare care se face din sternoclaviculară. Ridicarea claviculei va determina intrarea în joc a acromioclaviculare prin rotarea posterioară a claviculei în faţeta acronială. Această mişcare se produce în timpul ridicării braţului până la 30° şi de la 135° la maximum de ridicare.

Mişcările active ale umărului se bazează mai ales pe acţiunea cuplurilor de forţe. Mai sus s-a arătat rolul rotaţiei scapulei în asigurarea elevării braţului.

Rotaţia scapulei este realizată de cuplul muscular format din trapez (fibrele superioare, medii şi inferioare) şi dinţatul anterior (serratus anterior) (fig. 8.17). Acest cuplu asigură prin contracţie concentrică rotaţia în sus a scapulei, iar prin contracţie excentrică revenirea lentă, fără contrarezistenţă, a scapulei. Modalitatea de lucru pentru fiecare muşchi este în funcţie de planul în care se realizează mişcarea. În plan frontal ridicarea scapulară cade mai ales în sarcina trapezului mijlociu şi inferior, iar în plan sagital serratus anterior este cel mai important.

Trapezul superior intră în activitate imediat ce începe rotaţia în sus a scapulei, activitate ce creşte până între 15 şi 40°

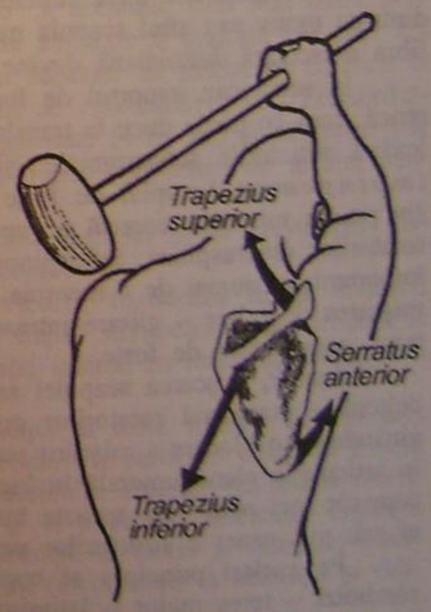


Fig. 8.17. – Cuplul muscular care asigură rotaţia scapulei.

moment în care intră în platou până la 90-120° de elevaţie a braţului după care din nou îşi creşte activitatea pentru ultima parte a cursei de mişcare, până la ridicarea maximă. Explicaţia acestei activităţi diferite ca intensitate se datorează necesităţii de a se opune căderii membrului superior ridicat datorită gravitaţiei (propriei greutăţi).

Trapezul inferior are o minimă activitate până la poziţia de 90° a braţului ridicat, paralelă cu mişcarea de ridicare a claviculei din articulaţia sterno-claviculară. Dacă mişcarea de ridicare a braţului continuă peste 90°, activitatea musculară (în trapezul inferior) creşte foarte rapid.

Trapezul mijlociu previne o abducţie excesivă a scapulei realizată de dinţatul anterior.

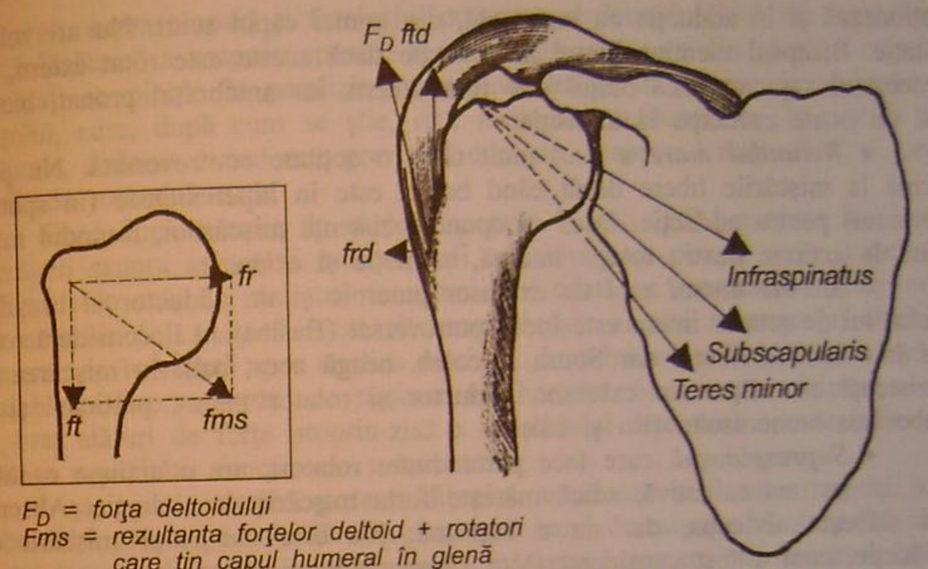
Dinţatul anterior are şi el o creştere gradată până la nivelul celor 90° când activitatea musculară este în platou apoi creşterea este rapidă până la amplitudinea maximă de ridicare a braţului.

Un alt cuplu de forţe care are drept rezultat funcţia optimă a umărului este format de chinga rotatorilor şi deltoid. În poziţia anatomică a braţului, când lungimea fibrelor deltoidului este la nivel de repaus, muşchiul are potenţial cea mai mare forţă. Pe măsură ce braţul este ridicat, deci fibra musculară deltoidiană scurtată, această forţă scade. Este uşor de înţeles că poziţia scapulei, respectiv a acromionului este în directă relaţie cu lungimea fibrei deltoidului. De aceea, rotaţia scapulei este deosebit de importantă în elevaţia braţului pentru a menţine acromionul cât mai distanţat de inserţia deltoidului pentru a se putea realiza o lungime a fibrei musculare deltoidiene care să genereze forţă suficientă pentru ridicarea braţului. Admiţând că dintr-un motiv sau altul scapula nu se poate rota pe torace suficient de mult, fibra musculară deltoidiană devine mai scurtă, deci cu forţă mai mică.

În acest caz, raportul de forţe între deltoid şi manşonul rotatorilor se strică, ceea ce poate duce la translarea superioară a capului humeral din glenă lezând structurile subacromiale (şi determinând aşa-numitul *sindrom de impingement*) cuplul de forţe deltoid – manşonul rotatorilor fiind decisiv pentru mişcarea corectă a capului humeral în glenă. Chinga (manşonul) rotatorilor (supraspinos, infraspinos, teres minor şi subscapular) având rolul important nu numai de a menţine capul humeral în glenă, ci şi de a asigura mişcarea de rulare – glisare intrascapulară a capului humeral. Fig. 8.18 schiţează acest cuplu de forţe.

Aşadar, mişcarea scapulei asigură şi un raport bun al forţelor cuplului deltoid – manşonul rotatorilor cu consecinţele văzute. De asemenea, imaginându-ne o blocare a mişcării scapulare este normal să se producă o forţare în articulaţia glenohumerală în încercarea de a obţine o amplitudine de mişcare cât mai mare, dar aceasta înseamnă destabilizarea articulaţiei cu lezarea ei sau mai exact a structurilor periartriculare.

Pe acelaşi principiu al cuplului funcţional, umărul prezintă şi cuplul romboizi – teres major – latissimus dorsi cu rol în coborârea braţului de-a lungul corpului în acţiuni de efort şi viteză (spartul lemnelor). Pentru o mai bună înţelegere a activităţii musculaturii centurii scapulare, vom prezenta în



F_D = forţa deltoidului
Fms = rezultanta forţelor deltoid + rotatori care ţin capul humeral în glenă

Fig. 8.18. – Cuplul de forţe deltoid-rotatori.

continuare rezumativ acţiunile fiecărui muşchi neuitând însă că ei lucrează pe cupluri dinamice.

- ***Trapezul*** are un rol considerabil în ridicarea umărului (partea superioară) şi în coborârea lui (părţile mijlocie şi inferioară), precum şi în flexia şi abducţia braţului pe toată cursa de 180° a acestuia. Cea mai mare activitate a lui este înregistrată în mişcarea de abducţie a braţului (în cele 2/3 inferioare ale muşchiului). Rolul trapezului superior în susţinerea centurii în ortostatism este azi infirmat dacă subiectul se relaxează (Béarn Fernandez-Ballesteros). Chiar dacă se ia în mână o greutate (4-10 kg) şi subiectul ştie să se relaxeze, nu apare vreo activitate în trapez (important de învăţat pentru cei care cară greutăţi în mâini).

Despre rolul trapezului în mobilizarea scapulei şi în prevenirea dislocării umărului se va discuta puţin mai departe.

- ***Pectoralul mare,*** prin capul clavicular, realizează flexia braţului, având un maximum de activitate de 115°. Capul sternocostal nu participă la flexie, dar este esenţial în adducţie. În rotaţia internă cu rezistenţă acţionează tot capul clavicular.
- ***Deltoidul.*** Deşi s-a spus că participă la toate tipurile de mişcare, Basmajian şi colab. consideră că acest muşchi nu participă deloc la rotaţia internă şi aproape deloc la cea externă. Fasciculul anterior realizează flexia, participă la ridicarea braţului (peste 90°) şi la abducţie; fasciculul mijlociu realizează abducţia şi ridicarea braţului, participă la flexie şi extensie; fasciculul posterior realizează extensia şi participă (inconstant) la abducţia şi ridicarea braţului.
- ***Bicepsul brahial*** participă la flexia braţului cu rezistenţă (cotul întins). Abducţia cu rezistenţă activează ambele capete ale bicepsului (Furlani);

acţionează şi în adducţia cu rezistenţă, dar numai capul scurt. Nu are rol în rotaţie. Bicepsul menţine braţul în abducţie dacă acesta este rotat extern, iar antebraţul supinat; dacă braţul este rotat intern, iar antebraţul pronat, bicepsul nu poate participa la abducţie.

- ***Rotundul mare*** a avut mult timp o acţiune controversată. Nu participă la mişcările libere decât când braţul este în hiperextensie (în spatele corpului) pentru adducţie. Dacă se opune rezistenţă mişcărilor, rotundul mare intră în acţiune pentru rotaţia internă, adducţie şi extensie.
- ***Marele dorsal*** este un extensor puternic şi un adductor al braţului. Rolul lui de rotator intern este încă controversat (Basmajian îl consideră rotator în mişcarea liberă, dar Sousa şi colab. neagă acest rol). În mişcarea cu rezistenţă este sigur un extensor, adductor şi rotator intern; participă şi la coborârea humerusului (Ito şi colab.).
- ***Supraspinosul***, care face parte dintre rotatori, are o acţiune cantitativă, şi nu una calitativă, adică măreşte forţa mişcării de abducţie. Absenţa lui slăbeşte abducţia, dar nu o suprimă. Nu este *starter*-ul mişcării de abducţie, cum a fost considerat (Van Linge, Mulder, Basmajian).
- ***Subscapularul, subspinosul, rotundul mic*** – consideraţi muşchi depresori ai humerusului – reprezintă un „terţet" funcţional (Inman şi colab.) care acţionează ca al doilea grup (inferior) al cuplului de forţe din abducţie şi flexie, mişcări în care aceşti muşchi acţionează continuu. Subspinosul şi micul rotund îşi cresc activitatea liniar cu progresia abducţiei. Subscapularul îşi creşte activitatea până la abducţia de 90°, apoi activitatea lui scade.

Supraspinosul, subscapularul, subspinosul, şi rotundul mic formează muşchii „manşonului rotatorilor". Aceştia, alături de deltoid, pectorali, marele dorsal şi rotundul mare, alcătuiesc musculatura articulaţiei scapulohumerale.

Rotaţia scapulei este o importantă funcţie realizată de un grup distinct de muşchi organizaţi într-un cuplu de forţe. Componenta superioară (partea superioară a trapezului, ridicătorul scapulei şi digitaţiile superioare ale dinţatului anterior) menţine pasiv scapula printr-o continuă activitate, ridică scapula crescându-şi activitatea şi participă la rotarea ei. Componenta inferioară (partea inferioară a trapezului şi digitaţiile inferioare ale dinţatului anterior) participă la rotaţia scapulei. Activitatea acestei ultime componente creşte în timpul ridicării braţului: partea inferioară a trapezului, în ridicarea prin abducţie; dinţatul, în ridicarea prin flexie.

Prevenirea dislocării în jos a humerusului este o problemă importantă de mecanică a umărului, căci însăşi gravitaţia tinde la această dislocare. Mult timp s-a considerat că musculatura verticală a membrului superior (deltoidul, bicepsul brahial, tricepsul) ar preveni dislocarea inferioară. O serie de studii au infirmat această părere (Basmajian, Bazant, Béarn), chiar atunci când s-ar trage puternic în jos de membrul superior.

Dislocarea în jos a humerusului este împiedicată de înclinarea glenei (mai ales a marginii ei inferioare). Când capul humeral coboară, el izbeşte în glenă şi ar împinge scapula, lateralizând-o, dacă nu s-ar opune la această mişcare scapulară partea superioară a capsulei (întărită de ligamentul coracohumeral), supraspinosul şi fasciculul posterior al deltoidului. Acest mecanism de „înlăcătare" a scapulei, pentru a nu permite scăparea din glenă a capului humeral, se pierde în paralizia supraspinosului şi în poziţia de abducţie a braţului, care, după cum se ştie, este favorabilă subluxaţiilor. În poziţia de abducţie, dislocarea mai este prevenită doar de „manşonul rotatorilor" şi, probabil, de rotundul mare.

Dacă după o serie de studii (începute în anii '50) s-a ajuns la câteva concluzii asupra activităţii musculaturii umărului care păreau certe (concluzii subliniate în cele de mai sus) în ultimii ani odată cu acceptarea şi răspândirea noţiunii de „torque" (vezi alte capitole ale acestei monografii) studiile prezente se îndreaptă spre analiza mărimii „braţului momentului" a diverşilor muşchi în diverse poziţii de mişcare ale braţului. Se ştie că mărimea acestui braţ alături de forţa propriu-zisă a muşchiului determină adevărata rezultantă a capacităţii funcţionale musculare.

Aşa, spre exemplu, puterea fibrelor anterioare şi a celor mijlocii ale deltoidului creşte pe măsură ce se execută arcul de mişcare al abducţiei căci braţul momentului se măreşte continuu. În aceeaşi mişcare însă bicepsul, latissimus ca şi infraspinosul îşi scad puterea, căci braţul momentului fiecăruia se scurtează.

Atragem atenţia că forţa propriu-zisă a deltoidului (de exemplu) este mai mică pe măsură ce fibrele se scurtează, adică pe măsură ce abducţia braţului creşte.

Pe măsură ce unghiul mişcării de abducţie a braţului creşte, în aceeaşi măsură creşte şi unghiul de înclinaţie al feţei glenoide. Modificarea acestui unghi explică de ce creşterea abducţiei măreşte braţul momentului pentru deltoid dar îl micşorează pentru latissimus dorsi, biceps şi infraspinos.

Din acelaşi motiv, supraspinosul îşi menţine o forţă constantă căci braţul momentului (la cca 20 mm) se menţine constant pe toată mişcarea de abducţie dovedind astfel că este mai curând rotator şi mult mai puţin abductor al braţului.

În cadrul problemelor de biomecanică un rol deosebit de important îl joacă forţele presionale articulare dezvoltate de contracţia musculară şi de mişcarea în sine.

Desigur că articulaţiile membrului superior vor dezvolta presiuni mai mici decât articulaţiile portante ale membrului inferior, dar sunt totuşi importante datorită forţelor musculare dezvoltate în diverse situaţii.

Astfel forţele generate în SH când ţinem braţul în abducţie de 90° sunt egale cu 8,2 ori greutatea membrului, sau după calculele lui Walker şi Poppen reprezintă 90% din greutatea întregului corp.

Presiunile cele mai mari le generează rotaţia internă predispunând astfel la subluxaţia articulaţiei. În schimb, rotaţia externă creează cea mai mare stabilitate.

Trebuie să admitem totuşi că studiile cu privire la presiunile dezvoltate în articulaţia umărului sunt departe de a fi dat rezultate mulţumitoare. Cauza este structura complexă a umărului cu mai multe articulaţii care conlucrează

acţionează şi în adducţia cu rezistenţă, dar numai capul scurt. Nu are rol în rotaţie. Bicepsul menţine braţul în abducţie dacă acesta este rotat extern, iar antebraţul supinat; dacă braţul este rotat intern, iar antebraţul pronat, bicepsul nu poate participa la abducţie.

• ***Rotundul mare*** a avut mult timp o acţiune controversată. Nu participă la mişcările libere decât când braţul este în hiperextensie (în spatele corpului) pentru adducţie. Dacă se opune rezistenţă mişcărilor, rotundul mare intră în acţiune pentru rotaţia internă, adducţie şi extensie.

• ***Marele dorsal*** este un extensor puternic şi un adductor al braţului. Rolul lui de rotator intern este încă controversat (Basmajian îl consideră rotator în mişcarea liberă, dar Sousa şi colab. neagă acest rol). În mişcarea cu rezistenţă este sigur un extensor, adductor şi rotator intern; participă şi la coborârea humerusului (Ito şi colab.).

• ***Supraspinosul,*** care face parte dintre rotatori, are o acţiune cantitativă, şi nu una calitativă, adică măreşte forţa mişcării de abducţie. Absenţa lui slăbeşte abducţia, dar nu o suprimă. Nu este *starter*-ul mişcării de abducţie, cum a fost considerat (Van Linge, Mulder, Basmajian).

• ***Subscapularul, subspinosul, rotundul mic*** – consideraţi muşchi depresori ai humerusului – reprezintă un „terţet" funcţional (Inman şi colab.) care acţionează ca al doilea grup (inferior) al cuplului de forţe din abducţie şi flexie, mişcări în care aceşti muşchi acţionează continuu. Subspinosul şi micul rotund îşi cresc activitatea liniar cu progresia abducţiei. Subscapularul îşi creşte activitatea până la abducţia de 90°, apoi activitatea lui scade.

Supraspinosul, subscapularul, subspinosul, şi rotundul mic formează muşchii „manşonului rotatorilor". Aceştia, alături de deltoid, pectorali, marele dorsal şi rotundul mare, alcătuiesc musculatura articulaţiei scapulohumerale.

Rotaţia scapulei este o importantă funcţie realizată de un grup distinct de muşchi organizaţi într-un cuplu de forţe. Componenta superioară (partea superioară a trapezului, ridicătorul scapulei şi digitaţiile superioare ale dinţatului anterior) menţine pasiv scapula printr-o continuă activitate, ridică scapula crescându-şi activitatea şi participă la rotarea ei. Componenta inferioară (partea inferioară a trapezului şi digitaţiile inferioare ale dinţatului anterior) participă la rotaţia scapulei. Activitatea acestei ultime componente creşte în timpul ridicării braţului: partea inferioară a trapezului, în ridicarea prin abducţie; dinţatul, în ridicarea prin flexie.

Prevenirea dislocării în jos a humerusului este o problemă importantă de mecanică a umărului, căci însăşi gravitaţia tinde la această dislocare. Mult timp s-a considerat că musculatura verticală a membrului superior (deltoidul, bicepsul brahial, tricepsul) ar preveni dislocarea inferioară. O serie de studii au infirmat această părere (Basmajian, Bazant, Béarn), chiar atunci când s-ar trage puternic în jos de membrul superior.

Dislocarea în jos a humerusului este împiedicată de înclinarea glenei (mai ales a marginii ei inferioare). Când capul humeral coboară, el izbeşte în glenă şi ar împinge scapula, lateralizând-o, dacă nu s-ar opune la această mişcare scapulară partea superioară a capsulei (întărită de ligamentul coracohumeral), supraspinosul şi fasciculul posterior al deltoidului. Acest mecanism de „înlăcătare" a scapulei, pentru a nu permite scăparea din glenă a capului humeral, se pierde în paralizia supraspinosului şi în poziţia de abducţie a braţului, care, după cum se ştie, este favorabilă subluxaţiilor. În poziţia de abducţie, dislocarea mai este prevenită doar de „manşonul rotatorilor" şi, probabil, de rotundul mare.

Dacă după o serie de studii (începute în anii '50) s-a ajuns la câteva concluzii asupra activităţii musculaturii umărului care păreau certe (concluzii subliniate în cele de mai sus) în ultimii ani odată cu acceptarea şi răspândirea noţiunii de „torque" (vezi alte capitole ale acestei monografii) studiile prezente se îndreaptă spre analiza mărimii „braţului momentului" a diverşilor muşchi în diverse poziţii de mişcare ale braţului. Se ştie că mărimea acestui braţ alături de forţa propriu-zisă a muşchiului determină adevărata rezultantă a capacităţii funcţionale musculare.

Aşa, spre exemplu, puterea fibrelor anterioare şi a celor mijlocii ale deltoidului creşte pe măsură ce se execută arcul de mişcare al abducţiei căci braţul momentului se măreşte continuu. În aceeaşi mişcare însă bicepsul, latissimus ca şi infraspinosul îşi scad puterea, căci braţul momentului fiecăruia se scurtează.

Atragem atenţia că forţa propriu-zisă a deltoidului (de exemplu) este mai mică pe măsură ce fibrele se scurtează, adică pe măsură ce abducţia braţului creşte.

Pe măsură ce unghiul mişcării de abducţie a braţului creşte, în aceeaşi măsură creşte şi unghiul de înclinaţie al feţei glenoide. Modificarea acestui unghi explică de ce creşterea abducţiei măreşte braţul momentului pentru deltoid dar îl micşorează pentru latissimus dorsi, biceps şi infraspinos.

Din acelaşi motiv, supraspinosul îşi menţine o forţă constantă căci braţul momentului (la cca 20 mm) se menţine constant pe toată mişcarea de abducţie dovedind astfel că este mai curând rotator şi mult mai puţin abductor al braţului.

În cadrul problemelor de biomecanică un rol deosebit de important îl joacă forţele presionale articulare dezvoltate de contracţia musculară şi de mişcarea în sine.

Desigur că articulaţiile membrului superior vor dezvolta presiuni mai mici decât articulaţiile portante ale membrului inferior, dar sunt totuşi importante datorită forţelor musculare dezvoltate în diverse situaţii.

Astfel forţele generate în SH când ţinem braţul în abducţie de 90° sunt egale cu 8,2 ori greutatea membrului, sau după calculele lui Walker şi Poppen reprezintă 90% din greutatea întregului corp.

Presiunile cele mai mari le generează rotaţia internă predispunând astfel la subluxaţia articulaţiei. În schimb, rotaţia externă creează cea mai mare stabilitate.

Trebuie să admitem totuşi că studiile cu privire la presiunile dezvoltate în articulaţia umărului sunt departe de a fi dat rezultate mulţumitoare. Cauza este structura complexă a umărului cu mai multe articulaţii care conlucrează

permanent în cadrul kineticii umărului, conlucrare care nu este încă foarte bine înţeleasă în cadrul biomecanicii umărului.

8.5. *Cotul*

În lanţul kinetic al membrului superior, cotul, articulaţie de mijloc, este subordonat funcţional umărului, iar din punctul de vedere al finalităţii, mâinii. Această realitate Kapandji o exprimă astfel: „cotul este articulaţia membrului superior care permite antebraţului orientat în cele trei planuri de către umăr să poarte mai mult sau mai puţin departe extremitatea sa activă – mâna". Dar în procesul muncii şi al gestualităţii vieţii obişnuite cele două mâini lucrează împreună, ori raporturile spaţiale dintre ele sunt asigurate în mare parte de activitatea coatelor (T. Gucker).

Cotul este format din trei articulaţii, fiecare având un rol specific în poziţionarea mâinii (la care ar trebui să adăugăm articulaţiile distale ale antebraţului care participă la pronosupinaţie). Deşi este o articulaţie considerată cu două grade de libertate, flexie-extensie, biomecanica articulaţiei cotului se complică prin participarea la mişcarea de prono-supinaţie a antebraţului, proces care explică de ce cotul trebuie analizat întotdeauna împreună cu antebraţul şi chiar cu articulaţia pumnului participantă de asemenea la pronosupinaţie. Însăşi construcţia anatomică articulară justifică o atare abordare. Cele două oase ale antebraţului fac două articulaţii cu humerusul la nivelul cotului (humero-radială şi humero-cubitală) şi două articulaţii distale la nivelul carpului (carpo-ulnară, carpo-radială). Rolul principal în flexia-extensia cotului îl joacă articulaţia humero-cubitală. Cea humeroradială are rol minor. La aceste articulaţii trebuie să adăugăm articulaţiile radioulnare (proximală şi distală). Ambele radio-ulnare participă la mişcarea de pronosupinaţie acţionând ca o singură articulaţie. Mişcarea de pronosupinaţie este de fapt asigurată de antebraţ în principal. Radiusul – os mai lung decât ulna – execută în jurul acestuia o mişcare de învăluire. Alături de această mişcare, la pronosupinaţie contribuie şi deplasarea laterală de 10° a ulnei. Un rol important îl joacă şi membrana interosoasă care are o ţesătură a fibrelor cu totul specială. În poziţie de pronosupinaţie intermediară fibrele sunt în tensiune maximă, ele relaxându-se în pronaţie sau supinaţie. Şi humerusul participă la pronosupinaţie când cotul este la 90° printr-o rotaţie internă (în supinaţie) şi externă (în pronaţie) realizând 9-12°.

Kinematica cotului este destul de complicată, motiv şi în prezent de discuţii, uneori contradictorii. Iată spre exemplu curioasa comportare a axului lung al cotului în timpul mişcării de flexie: în prima parte a flexiei axul se rotează intern cu 5°, ca în ultima parte a flexiei să se producă o rotaţie tot de 5° dar înspre extern.

Există, normal, un uşor valg al cotului în poziţia de extensie (mai accentuat la femei) care, pe măsură ce cotul se flectează, se transformă în var. Tendinţa de valg şi var poate determina dezagremente articulare, uneori im-

portante, ale cotului. Există însă mijloace de rezistenţă pentru aceste deviaţii: astfel valgul din extensie este blocat de ligamentul ulnar colateral, de congruitatea osoasă şi de capsulă, iar varul de flexie de către ligamentul radial colateral şi de capsulă.

O problemă importantă în biomecanica cotului, cu consecinţe în recuperare, este poziţia axei de mişcare, flexie-extensie, în articulaţie. Axa de mişcare trece prin trohlee dar nu rămâne fixă, ea deplasându-se pe parcursul flexiei cotului. Astfel, pe ultimele 5-10° de flexie axa se deplasează spre fosa coronoidă, iar pe ultimele grade de extensie deplasarea este spre fosa olecrană. Datorită acestor devieri de axă se schimbă şi tipul mişcării intraarticulare, care în cea mai mare parte este de tip „alunecare", devenind la capetele amplitudinii de mişcare de tip „rulare". (A se vedea capitolul „Amplitudinea de mişcare".) Din acest motiv, tipul de exerciţii pentru refacerea „jocului articular pentru amplitudinile extreme va fi de refacere a rulării".

Articulaţia cotului este considerată ca o articulaţie cu mare congruenţă de unde dificultăţile deosebite de recuperare a mobilităţii în cazul diminuării amplitudinii de mişcare datorită diverselor afecţiuni.

Din fericire, deşi mişcarea de flexie normală are 140-150° (în fiecare sens) activităţile zilnice obişnuite ale mâinii se realizează în limitele a 30-130° flexie şi 50-150° pronosupinaţie. În fig. 8.19 sunt schematizate unghiurile de mişcare ale cotului pentru câteva activităţi obişnuite. Mişcarea de flexie este limitată în mod normal de relieful musculaturii anterioare a braţului, iar cea de extensie de blocarea olecranului în fosa olecrană.

O problemă importantă mult cercetată a fost analiza presiunilor exercitate în articulaţia cotului, membrul superior nesuportând greutatea corporală ca cel inferior. Desigur este vorba doar de presiunea „os pe os" dată de contracţia musculară. S-a constatat astfel că o contracţie isometrică maximă pe flexori când cotul este extins realizează o presiune articulară egală cu de două ori greutatea corporală. Cu valori de asemenea mari fiind şi forţele tangenţiale (de forfecare).

Presiunile în articulaţia humero-radială şi humero-ulnară determinate de forţa musculară variază cu poziţia cotului şi cu grupa musculară care realizează contracţia isometrică (flexorii sau extensorii).

Orientativ, presiunile în cele două articulaţii în timpul unor activităţi obişnuite au fost apreciate la:

– 300 newtoni* în timpul îmbrăcatului – dezbrăcatului sau în timpul mesei;

– 1700 newtoni când tragem obiecte mai grele sau când ne ajutăm de braţe să trecem din şezând în ortostatism sau invers;

– etc.

Kinetica cotului arată o predominentă clară de forţă a flexorilor apreciată încă de Fick la începutul secolului XX prin suprafaţa de secţiune mus-

---

* Newton = forţa care, aplicată unei masse de 1 kg, determină o acceleraţie de 1 m/sec² [1 kg forţă = 9,81 N].

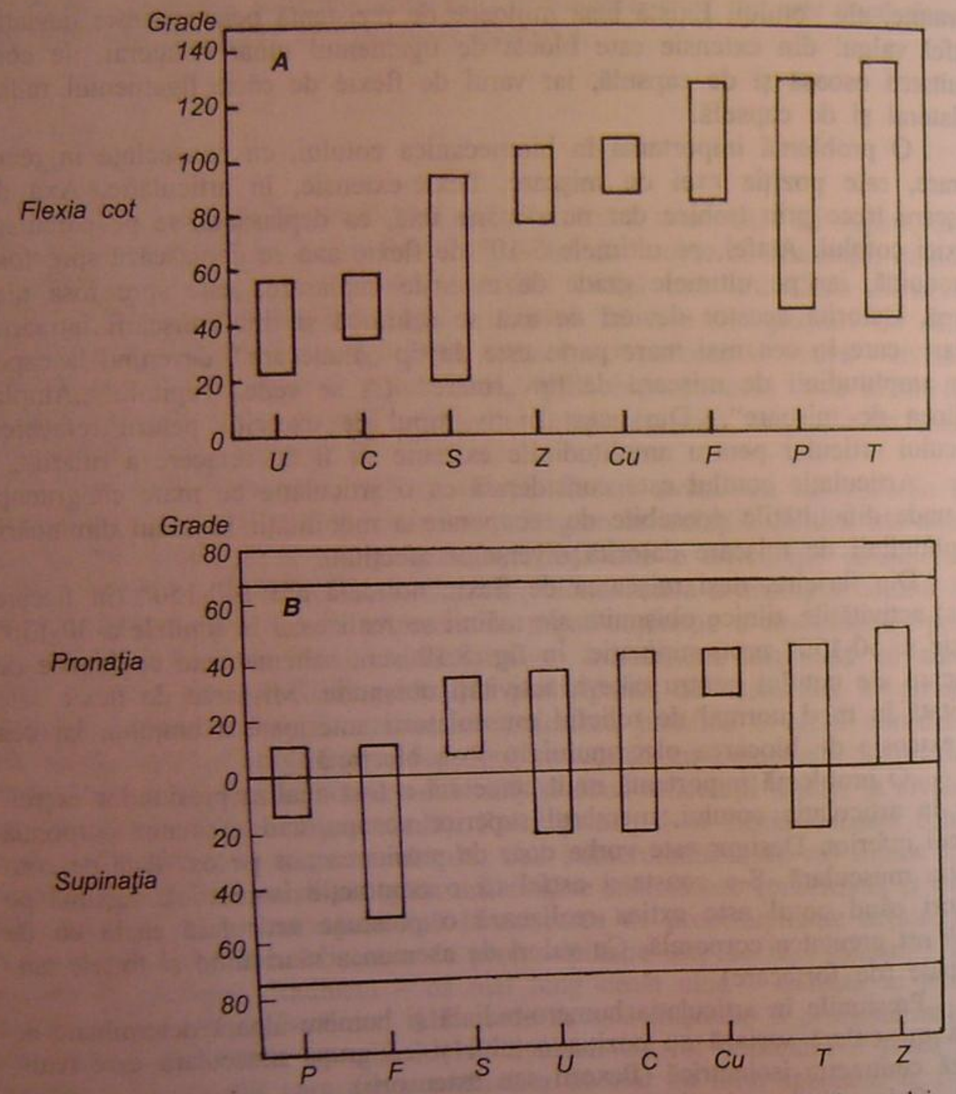


Fig. 8.19. – Amplitudini de mişcare pentru diverse activităţi: *A* – Flexia cotului; *B* – Pronaţie şi supinaţie.
Manipularea: U = uşă; C = cană; S = scaun; Z = ziar; Cu = cuţit; F = furculiţă; P = pahar; T = telefon (După Morrey şi Askew).

culară (26,5 cm^2 pentru flexori şi 20,3 cm^2 pentru extensori). Explorările moderne deşi au mai modificat valorile au confirmat raportul de forţe între flexori şi extensori. Astfel analiza torque-ului arată că indiferent de poziţia cotului, a unghiului format de braţ-antebraţ, torque-ul flexorilor este cu 50% mai mare decât al extensorilor. Este explicabil deci că un cot în flexie rezistă la o încărcare mult mai mare decât un cot în extensie. În acelaşi timp, forţa de tracţiune a antebraţului (ca în vâslit) este de două ori mai mare decât aceea de împingere a unui corp greu.

Deşi calculat în termeni de suprafaţă de secţiune, brahialul se dovedeşte a fi cel mai puternic flexor al cotului, analiza *eficienţei* flexorilor în funcţie de diversele poziţii de pronosupinaţie ale mâinii dovedeşte că pe primul loc este brahioradialul datorită unui „braţ al momentului" mai mare (ceea ce va determina un torque mai bun).

Într-adevăr, poziţia pronosupinaţiei are o influenţă importantă asupra forţei flexorilor şi extensorilor cotului. Se constată că poziţia cea mai favorabilă este poziţia de mijloc de pronosupinaţie (mâna cu policele în sus) situaţie în care forţa flexorilor şi extensorilor este cea mai mare. Cauza este mărirea braţului momentului (care creşte torque-ul) dar şi faptului că se alungeşte fibra musculară (mai ales a flexorilor) ceea ce măreşte forţa propriu-zisă.

Este cunoscut faptul că avem o capacitate mai mare de a menţine greutăţi atunci când ţinem cotul la 90° decât la o poziţie de flexie sub această valoare. Spre exemplu, într-un studiu (Anderson şi Schulz) se constată că la 90° flexorii au produs un torque de 82 Nm în timp ce la 15° flexie doar de 48 Nm. Acest fapt ca şi cele arătate mai sus, deşi contravin principiului raportului între lungimea fibrei musculare şi forţa musculară, sunt corecte căci se referă la „torque" (adevărata capacitate de lucru a muşchiului) şi nu la forţa intrinsecă a muşchiului. Diferenţa este dată de mărimea braţului momentului.

Acţiunile musculaturii cotului au reprezentat mult timp subiect de discuţii. Reconsiderarea acestor acţiuni o rezumăm în cele ce urmează.

1. ***Flexorii cotului*** sunt bicepsul brahial, brahialul şi brahioradialul (lungul supinator). Există o mare varietate între subiecţi în ceea ce priveşte aspectele particulare ale activităţii acestor muşchi (momentul începerii şi terminării activităţii, intrarea în contracţie în funcţie de viteza mişcării sau de rezistenţa opusă etc.).

Bicepsul este activ în flexia antebraţului supinat şi în flexia antebraţului semipronat când se ridică o greutate (cca 1 kg). Dacă antebraţul este pronat, activitatea bicepsului este infimă sau nulă în timpul flexiei sau în extensia cu o greutate – ca muşchi antagonist (contracţie excentrică).

În general, atât contracţia statică, cât şi cea dinamică a flexorilor este slabă când braţul este pronat (Bankov şi Jorgensen, 1969). Bicepsul este şi un supinator al antebraţului extins, dar numai când se aplică o rezistenţă antisupinatorie.

În general, activitatea cea mai importantă în toate situaţiile o are capătul lung al bicepsului (în comparaţie cu cel scurt).

Brahialul este un flexor al antebraţului supinat, semipronat sau pronat atât în flexia rapidă, cât şi în cea lentă, cu sau fără încărcare. Deci, vechile considerente că ar acţiona doar în flexia rapidă, dar fără rezistenţă, au căzut. El este principalul antagonist al extensiei antebraţului anti-gravitaţie (contracţie excentrică), indiferent de poziţia acestuia. Tot el intră în contracţie is ometrică în orice poziţie a antebraţului. Pentru activitatea lui ubicuitară, brahialul a şi fost numit „calul de bătaie" al flexiei cotului.

Brahioradialul este un flexor al antebraţului în poziţie intermediară şi nu are rol în susţinerea cotului flectat, în flexia lentă şi în extensia (ca antagonist) fără contrarezistenţă. Dacă se ridică o greutate, devine moderat activ în flexia cu antebraţul semipronat şi pronat şi doar uşor activ în cea cu antebraţul supinat. Este activ însă în toate cele trei poziţii ale antebraţului când mişcarea de flexie sau extensie este rapidă.

Vechea concepţie, introdusă de Duchenne, potrivit căreia brahioradialul este supinator pentru antebraţul pronat şi pronator pentru antebraţul semipronat este inexactă. Brahioradialul acţionează *doar* ca accesor sau sinergist, supinator sau pronator, când mişcările se fac contra unei opoziţii şi este necesară o forţă mai mare de execuţie.

În general, cei trei flexori ai cotului acţionează cel mai bine când antebraţul este în poziţie neutră (intermediară) – poziţie care poate declanşa forţele maxime.

Rotundul pronator este şi el un flexor al cotului, dar numai când există o rezistenţă.

2. ***Extensorii cotului*** sunt următorii:

Tricepsul brahial este principalul extensor, dar în extensia fără rezistenţă activitatea apare în special în fasciculul medial, slabă în cel lateral şi deloc în cel lung. Capetele lateral şi lung, sunt activate doar contra unei rezistenţe.

Anconeul este unanim acceptat ca extensor, indiferent de situaţie. Studiile lui Sousa, Da Hora, Ray etc. dovedesc acţiuni surprinzătoare ale acestui mic muşchi, şi în pronaţie, şi în supinaţie, şi chiar în flexie.

3. ***Pronatori,*** în afara celor discutaţi la celelalte grupe musculare, mai sunt şi flexorii radiali ai carpului, ca şi extensorii ulnari ai acestuia:

Pătratul pronator este principalul pronator, el intrând în acţiune în orice fel de pronaţie (lentă, rapidă, cu sau fără rezistenţă).

Rotundul pronator este un „întăritor" al pronaţiei, când se execută rapid sau contra unei rezistenţe.

4. ***Supinatorii*** au fost discutaţi deja în cadrul musculaturii flexoare.

În acţiunea musculaturii cotului să nu se uite de relaţiile reciproce dintre aceşti muşchi nu numai relativ la mişcările cotului, ci şi ale articulaţiei glenohumerale. Astfel, bicepsul flectează cotul şi supinează articulaţia radioulnară dar fiind un muşchi anterior articulaţiei glenohumerale va participa şi la flexia braţului.

Tricepsul acţionează într-un mod opus.

Relaţiile reciproce între biceps şi triceps nu se limitează deci doar la nivelul cotului, ci şi la nivelul glenohumeralei.

8.6. *Pumnul şi mâna*

Reprezintă incontestabil cel mai complex segment al corpului sub raport funcţional. Capacitatea funcţională a lui este unică doar pentru speţa umană.

Homunculusul sensitiv ca şi cel motor din creier ocupă o suprafaţă aproape mai mare decât a întregului corp ceea ce dovedeşte conexiunile extraordinare pe care omul le are cu mediul prin intermediul mâinii.

Performanţele funcţionale ale acestui segment merg de la abilităţi de mare fineţe cum ar fi cântatul la vioară sau manipularea unui ac etc., până la activităţi de mare forţă cum ar fi lovirea cu un ciocan, ridicarea unei greutăţi etc. O atât de mare variaţie de activităţi necesită desigur o construcţie deosebită şi un control motor deosebit, adică o biomecanică complexă.

Datorită unităţii funcţionale între pumn şi mână studiul acestor două componente se face împreună. Aceasta însă nu înseamnă că aceste componente îşi pierd individualitatea funcţională, motiv pentru care le vom prezenta şi separat şi împreună.

8.6.1. *Pumnul*

Structura articulară a pumnului este deosebit de complexă căci participă la ea cele 8 oase ale carpului, capetele distale ale radiusului şi ulnei precum şi capetele proximale ale celor 5 oase metacarpiene. O dovadă a importanţei acestei structuri ne-o dă şi faptul că oasele carpului sunt acoperite 2/3 cu cartilaj articular şi doar 1/3 au suprafeţe rugoase pentru inserţii tendoligamentare, raport pe care nu-l mai întâlnim la alte oase ale corpului. Existenţa acestui cartilaj articular care îmbracă aproape complet oasele carpului dovedeşte că acestea au numeroase faţete articulare, articulându-se între ele. În acest fel, din punct de vedere articular, pumnul prezintă articulaţiile: radiocarpală, mediocarpală, intercarpală şi carpometacarpală. Fig. 8.20 arată concludent zonele articulare.

Deşi cu o organizare atât de complexă articulară, pumnul se mişcă totuşi în cadrul unui sistem unitar.

Se consideră că pumnul are din punct de vedere funcţional 3 linii paralele care determină mişcări simultane pentru realizarea unei funcţii normale. Cele trei linii articulare sunt: între oasele antebraţului şi primul rând al oaselor carpului, între acesta şi cel de-al doilea rând carpal şi între acesta şi capetele metacarpienelor.

Primele două linii articulare (articulaţia radiocarpală şi mediocarpală) se mişcă întotdeauna cuplat, nu individual (fig. 8.21). Participarea fiecăreia la mişcarea de flexie-extensie este însă diferită. Astfel, articulaţia radiocarpală realizează 40% (adică cca 26°) din flexia pumnului, restul de 60% (cca 40°) se efectuează în articulaţia mediocarpală. În mişcarea de extensie a pumnului rolurile se inversează în sensul că 2/3 din extensie o realizează articulaţia radiocarpală (fig. 8.22).

Mişcările maxime ale pumnului permit o flexie de 80°, extensie de 70°, o laterodeviaţie radială de 15° şi ulnară de 30° (datorită dimensiunilor diferite ale stiloidelor, cea radială fiind mai mare). În activităţile curente (ADL-uri) utilizăm aproximativ 10° de flexie şi 30° de extensie, mai adăugăm

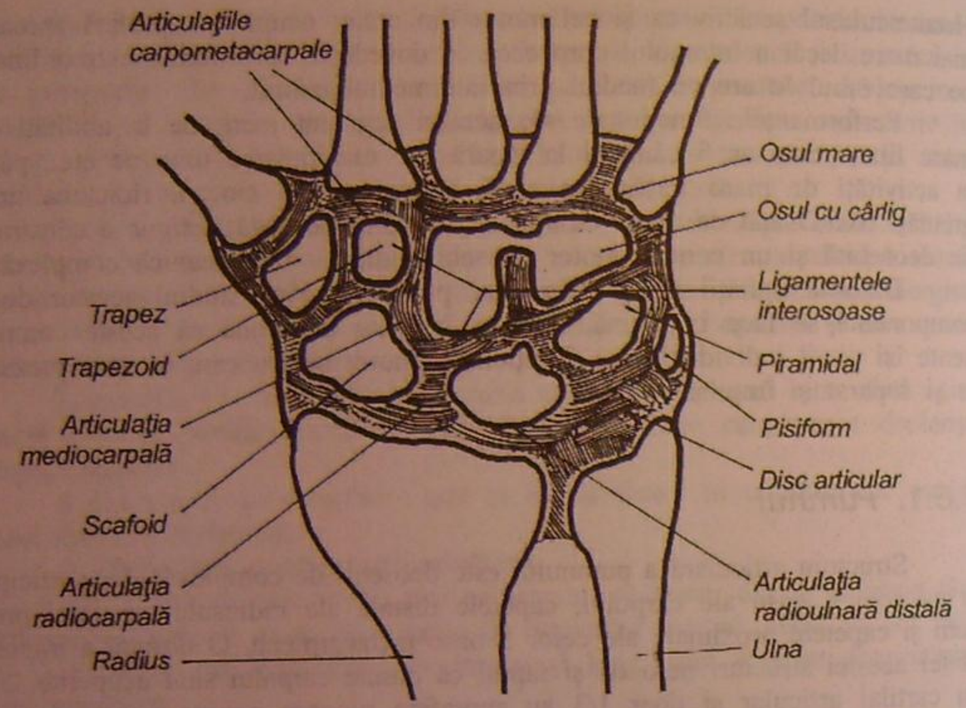


Fig. 8.20. – Oasele şi articulaţiile pumnului.

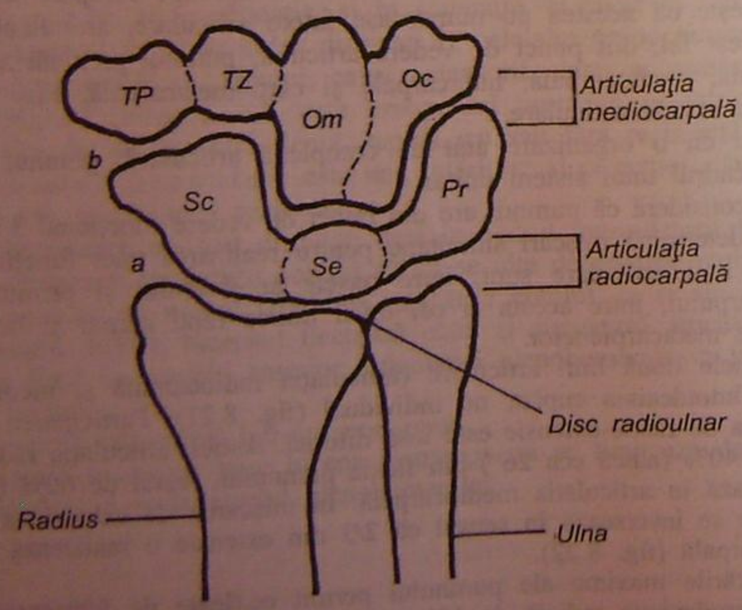


Fig. 8.21. – Articulaţiile şi oasele pumnului.
Sc = scafoid; *Se* = semilunar; *Om* = osul mare; *TP* = trapezul; *TZ* = trapezoidul; *Oc* = osul cu cârlig; *Pr* = piramidalul; *a* şi *b* = cele 2 linii articulare.

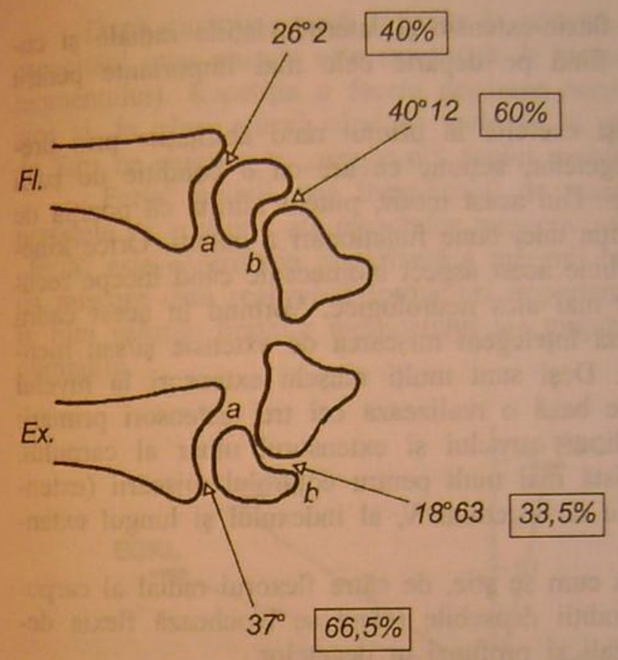


Fig. 8.22. – Cuplul de mobilizare între articulaţia radiocarpală *(a)* şi articulaţia mediocarpală *(b)*.

că poziţia de repaus a pumnului este de 20-35° extensie şi 10-15° deviaţie ulnară. Mişcarea predominantă în articulaţia pumnului este de alunecare.

În kinematica pumnului scafoidul are un rol important. În primul rând pentru că el face contact articular cu alte 4 oase carpale (semilunarul, trapezoid, trapezium şi osul mare) şi cu radiusul ceea ce îl pune într-o poziţie centrală să participe concomitent la mişcarea primelor 2 linii articulare. Mişcarea lui este mai amplă pe relaţia directă cu radiusul decât în mişcarea globală a primei linii (cu semilunarul şi piramidalul). Această asimetrie de mişcare are ca rezultat important faptul că produce tensiune în capsulă şi ligamente în momentul extensiei pumnului, realizând astfel poziţia de fixaţie articulară (aşa-numita *close-packed position*) care determină rezistenţa locală când ne sprijinim pe mână. De asemenea în deviaţia radială sau ulnară, fixaţia pumnului se face prin articulaţia mediocarpală în care rolul principal este tot al tensiunilor capsulare şi articulare create de mişcarea scafoidului.

Laterodeviaţia radială se produce în articulaţia primei linii articulare în timp ce laterodeviaţia ulnară se realizează în articulaţia radiocarpală şi mediocarpală. Aceste mişcări sunt maxime când pumnul este în poziţie neutrală.

Toate mişcările pumnului: flexie-extensie, deviaţie radială şi ulnară au un centru de rotaţie localizat la baza osului mare (uşor mai proximal pentru mişcarea de flexie-extensie).

Articulaţia ultimei linii (carpometacarpiană), de care se va mai aminti şi la analiza mâinii, prezintă o mişcare în „degradeu" în sensul unei scăderi de mobilitate de la nivelul degetului 5 spre index. Mişcarea în articulaţia ultimei linii se realizează ca o unitate datorită atât rapoartelor strânse între oasele carpale ale ultimei linii şi a ligamentelor dintre această linie carpală şi capetele distale ale metacarpului. În acest fel, închiderea mâinii este mai perfectă iar prehensiunea mai puternică.

Kinetica pumnului este influenţată de numărul mare de muşchi, de poziţia lor, de lungimea lor (majoritatea extensorilor şi flexorilor îşi au originea la nivelul cotului) şi de mărimea braţului momentului fiecărui muşchi. Clasic

pumnul realizează 4 mişcări, flexie-extensie şi laterodeviaţiile radiale şi cubitale, primele două mişcări fiind pe departe cele mai importante pentru funcţia mâinii.

Practic vorbind, mâna îşi exercită în primul rând abilităţile prin prehensiune, adică prin flexia degetelor, acţiune ce are ca o condiţie de bază extensia (sau fixarea) pumnului. Din acest motiv, putem afirma că poziţia de extensie a pumnului este condiţia unei bune funcţionări a mâinii. Orice kinetoterapeut trebuie să înţeleagă bine acest aspect biomecanic când începe recuperarea unei mâini rigide, dar mai ales neurologice. Vorbind în acest cadru de extensia pumnului trebuie să înţelegem mişcarea de extensie şi/sau menţinerea în poziţia de extensie. Deşi sunt mulţi muşchi extensori la nivelul acesta mişcarea de extensie de bază o realizează cei trei extensori primari: extensorii lung şi scurt radiali ai carpului şi extensorul ulnar al carpului. Ceilalţi sunt extensori care asistă mai mult pentru controlul mişcării (extensorii degetelor, extensor propriu al degetului V, al indexului şi lungul extensor al policelui).

Flexia este asigurată, aşa cum se ştie, de către flexorul radial al carpului şi cel al ulnei, dar în condiţii deosebite (când se blochează flexia degetelor) şi de flexorii superficiali şi profunzi ai degetelor.

Cocontracţia flexorilor şi extensorilor radiali sau respectiv cubitali va determina deviaţia radială sau pe cea cubitală. Acest comportament sinergic pentru mişcările de lateralitate este înlocuit de comportamentul antagonistic în mişcările de flexie-extensie.

De asemenea, activitate sinergică se înregistrează între musculatura radială carpală şi cea ulnară carpală în momentul menţinerii unei poziţii a pumnului, a stabilităţii lui. La stabilitatea pumnului în timpul flexiei sau extensiei ca şi în poziţia pronată sau supinată a antebraţului un rol important îl joacă contracţia extensorului carpi ulnaris, a abductorului lung al policelui şi a extensorului scurt al policelui care ar forma toţi trei un sistem colateral de fixare adaptabil pentru a oferi suport pumnului în mişcare (Kauer).

Cum se sublinia mai sus, mişcările de prehensiune ale mâinii (flexia degetelor) cer o bună stabilitate pe extensie a pumnului care este asigurată pe baza unui sinergism muscular (cocontracţie) al extensorului carpi radialis brevis (care intră primul în joc), al extensorului carpi ulnaris şi extensor carpi radialis longus care intră în contracţie când forţa de prehensiune este mai mare.

După cum se ştie, pumnul permite o mişcare de circumducţie (circulară) care este rezultatul unei serii de combinaţii de sinergisme musculare şi antagonisme musculare. Cum centrul de rotaţie al pumnului este aproximativ acelaşi pentru toate mişcările, rezultă că în circumducţie braţele momentului variază foarte mult ceea ce determină combinările de tensiune musculară (acţiunile sinergice) care vor realiza mişcarea circulară. Figura 8.23 arată tocmai variaţia de distanţă a muşchilor faţă de axul central de mişcare (braţele momentelor) în timpul circumducţiei.

După cum se repetă frecvent în această monografie, valoarea exactă a capacităţii unui muşchi este exprimată de torque-ul muşchiului (forţa × braţul momentului). Repetiţia o facem deoarece acest fapt nu este dintre cele clasice şi, în plus, atunci când se vorbeşte în general de „forţa" unui muşchi de fapt ne referim la „torque-ul" acelui muşchi.

„Forţa" mâinii este inexplicabil de mare dacă am aprecia-o după suprafeţele de secţiune ale muşchilor respectivi. Ceea ce însă determină această „forţă" este contribuţia importantă a mărimii braţelor momentului faţă de axa de mişcare care realizează torque-uri importante. În fig. 8.23 sunt exprimate în mm valorile braţelor momentului ale muşchilor care participă la mişcările pumnului.

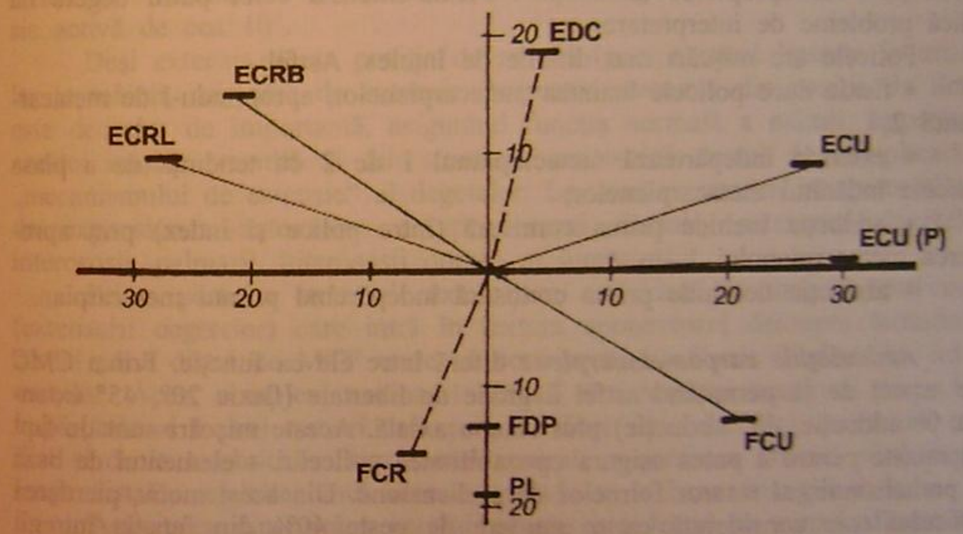


Fig. 8.23. – Braţele momentului (în mm) faţă de axul de mişcare pentru muşchii care intersectează pumnul.
ECRL = extensor carpi radialis longus; ECRB = extensor carpi radialis brevis; EDC = extensor digitorum; ECU şi ECU(P) = extensor carpi ulnaris cu antebraţ supinat şi pronat (P); FCU = flexor carpi ulnaris; FDP = flexor digitorum profundus; PL = palmaris longus; FCR = flexor carpi radialis (după Brand PW).

Ca la fiecare articulaţie, o problemă importantă este dată de jocul presiunilor intraarticulare chiar dacă pumnul (ca întreg membrul superior) nu este o articulaţie de încărcare (exceptând situaţii poziţionale deosebite ca sprijinul pe mâini). În activitatea mâinii se creează forţe presionale în pumn care variază cu poziţia acestuia. În poziţie neutrală a antebraţului şi pumnului cca 80% din forţe se transmit prin articulaţia radiocarpală şi doar 20% prin cea ulnocarpală. Cele 80% din presiunile radiocarpale se împart pe articulaţia radioscafoidului (45%) şi pe articulaţia radioulnară (35%). Pronaţia antebraţului creşte presiunea în articulaţia ulnocarpală până la 37-40%, scăzând-o proporţional pe cea radiocarpală.

8.6.2. *Mâna*

Mâna propriu-zisă este definită anatomic de cele 5 oase metacarpiene şi de cele 14 falange ale degetelor. Între aceste oase organizându-se articulaţiile carpometacarpiene (CMC), metacarpofalangiene (MCF) şi interfalangiene proximale (IFP) şi distale (IFD).

Înainte de a continua cu expunerea aspectelor de biomecanică a mâinii să precizăm „mişcările degetelor" care uneori creează confuzii (mai ales cele ale policelui).

Cele patru degete au ca plan median o linie ce trece între degetul 3 şi 4. Aceasta înseamnă că îndepărtarea degetelor de acest plan va determina „abducţia", iar apropierea „adducţia". Flexia-extensia celor patru degete nu ridică probleme de interpretare.

Policele are mişcări mai dificile de înţeles. Astfel:

- flexia duce policele înaintea metacarpienelor, apropiindu-l de metacarpianul 2;
- extensia îndepărtează metacarpianul 1 de 2 cu tendinţa de a plasa policele îndărătul metacarpienelor;
- adducţia închide prima comisură (între police şi index) prin apropierea metacarpianului 1 de 2;
- abducţia deschide prima comisură îndepărtând primul metacarpian.

Articulaţiile carpometacarpiene diferă între ele ca funcţie. Prima CMC are aspect de şa permiţând astfel 2 grade de libertate (flexie 20°, 45° extensie, 0° adducţie, 40° abducţie) plus rotaţia axială. Aceste mişcări sunt de fapt organizate pentru a putea asigura opozabilitatea policelui – elementul de bază al prehensiunii, al tuturor formelor de prehensiune. Din acest motiv, pierderea policelui este considerată ca o pierdere de peste 40% din funcţia întregii mâini. Cea de-a doua articulaţie are un grad de libertate (flexie-extensie) ca şi următoarele articulaţii, dar amplitudinea acestor mişcări crescând de la partea radială la cea ulnară, ultima ajungând la o mişcare de 10°-20° permiţând în plus şi o uşoară abducţie-adducţie.

Rolul articulaţiei CMC este mai ales de a crea arcele mâinii care realizează mâna ca un „căuş", mulându-se pe diversele forme ale obiectului ţinut în mână.

Articulaţiile metacarpofalangiene au 2 grade de libertate, crescându-le amplitudinea de mişcare gradat de la MCF_2 la MCF_5. Mişcarea lor activă ajunge la 90° flexie şi 10° extensie. Extensia pasivă fiind foarte variabilă uneori în hiperlaxităţi atingând şi 90°. Abducţia-adducţia, cel de-al doilea grad de libertate, realizează cca 20% în fiecare direcţie. ADL-urile mâinii nu cer mai mult de 60° flexie şi 0° (sau chiar -5° - -10°) de extensie.

MCF_1 are tot două grade de libertate dar cu mişcări mai limitate (flexie 50° şi extensie 0°, aceasta fiind limitată de cele două sesamoide) decât MCF celorlalte degete.

Ca şi articulaţia primă CMC şi MCF_1 este organizată pentru mişcarea de opoziţie a policelui, MCF_1 nefăcând altceva decât de a amplifica mişcarea din CMC_1.

Articulaţiile interfalangiene au toate un singur grad de libertate, inclusiv cea a policelui, mişcările lor crescând ca amplitudine de la police spre degetul mic (ca mişcările în toate celelalte articulaţii ale mâinii) pentru asigurarea unei cât mai bune prehensiuni.

Astfel pentru IFP_1 plecând de la o flexie de 100° şi extensie 0° se ajunge la degetul V la o flexie de 135° (deşi ADL-urile mâinii nu folosesc mai mult de 60° flexie). În IFD flexia este de 80°, dar funcţional sunt suficiente 40°. În anumite situaţii de hipermobilitate se poate înregistra şi extensie activă de cca 10°.

Deşi extensia de la poziţia de repaus (poziţia zero) lipseşte în articulaţiile mâinii, mişcarea de extensie, respectiv revenirea din poziţia de flexie este deosebit de importantă, asigurând funcţia normală a mâinii. Importanţa acestei mişcări rezultă şi din structura anatomică destul de complicată a „mecanismului de extensie" al degetelor. La acest mecanism iau parte alături de expansiunea extensoare a aponevrozei dorsale, extensorii degetelor, interosoşii, palmarii, interosoşii dorsali şi lumbricalii.

Prima parte a structurii extensoare este dată de muşchii extrinseci (extensorii degetelor) care intră în textura aponevrozei deasupra teritoriului carpal până distal de MCF unde se contopeşte cu fibrele tendoanelor interosoşilor. Acest complex, extensori dorsali + interosoşi continuă peste IPF împărţindu-se în trei ramuri care primesc fibre din interosoşi, iar ramul medial şi de la lumbricali. Doar ramul central va continua drumul până la falanga distală, celelalte două laterale oprindu-se la baza falangei a doua.

Activitatea dinamică a acestui sistem este destul de surprinzătoare deoarece în MCF contracţia extensorilor degetelor determină extensie, în timp ce lumbricalii şi interosoşii determină flexie deşi toţi fac parte din structura complexă de mai sus. Deoarece însă torque-ul (printr-un braţ al momentului mare dar şi prin forţa musculară propriu-zisă) extensorilor degetelor este mult mai mare depăşeşte tendinţele flexoare ale intrinsecilor realizând extensia MCF.

În schimb, în IFP atât extensorii degetelor cât şi intrinsecii vor lucra conex, determinând extensia. Extensia IFP determină concomitent şi extensia IFD, aşa că menţinerea în flexie a IFP face imposibilă extensia IFD. În schimb, şi extensia în IFD determină extensie în IFP.

Alături de mecanismul extensiei, există un „mecanism al flexiei", ambele asigurând abilităţile mâinii.

Mecanismul de flexie este de fapt mecanismul prehensiunii.

De la început, să specificăm că trebuie să distingem două tipuri de prehensiuni şi anume: „prehensiunea de forţă" şi „prehensiunea de finețe". În limba engleză, pentru prima se utilizează termenul de *„power grip"*, iar pentru a doua termenul de *„prehension grip"*.

Prehensiunea de forţă realizează un control ferm prin „apucarea" unor obiecte care cer forţă crescută în utilizarea lor, prehensiunea fiind în formă de „cârlig", „sferică", „cilindrică", „pumn închis", executându-se cu toate cele patru degete cu opoziţia sau nu a policelui. În acest tip de prehensiune obiectul ia contact cu palma. Exemple: apucarea cozii ciocanului, apucarea unei mingi de tenis, atârnarea de o bară, cărat o servietă, lovirea cu pumnul închis etc. Prehensiunea de fineţe nu presupune forţă deosebită, ci multă abilitate pentru a realiza pense digitale ca: pensa tripulpară (între pulpele policelui, indexului şi mediusului) sau bipulpară (police şi oricare alt deget), termino-terminală (între vârfurile degetelor 1 şi oricare altul), latero-laterală (între feţele laterale a 2 degete alăturate). În acest tip de prehensiune obiectul nu ia niciodată contact cu palma. Exemple: scrisul cu creion, utilizarea cheii în broască, cusutul cu ac, ţinerea ţigării între degete, culegerea de pe masă a unor mici obiecte etc.

Indiferent de tipul prehensiunii, acest mecanism are patru etape de desfăşurare:

- etapa 1: mâna se „deschide" prin acţiunea mecanismului extensor;
- etapa 2: mâna sau degetele se închid pe obiectul respectiv prin acţiunea flexorilor extrinseci şi a intrinsecilor precum şi a musculaturii opozante (vezi mai jos);
- etapa 3: este o creştere de forţă isometrică a muşchilor de mai sus care au făcut mişcarea de flexie, iar acum trebuie să realizeze forţa necesară activităţii solicitate;
- etapa 4: mâna se redeschide prin mecanismul extensor ca la etapa 1.

Apucarea şi strângerea unui obiect care se realizează cum am văzut prin flexia mâinii este obligatoriu însoţită de contracţia simultană a extensorilor pumnului pentru a bloca acţiunea flexorilor lungi ai degetelor de a flecta şi pumnul, ceea ce ar slăbi mai mult prehensiunea dacă nu ar face-o chiar uneori imposibilă.

Cele 2 tipuri de prehensiune sunt bine diferenţiate dacă luăm în considerare că şi inervaţia este diferită, cea pentru forţă prin nervul median, iar cea de fineţe prin nervul cubital. Primul controlând degetele 2 şi 3 utilizate mai ales pentru prehensiunea de forţă, iar ultimele două degete mai ales pentru cea de fineţe fiind sub controlul cubitalului.

Policele care intervine în amândouă tipurile de prehensiune este controlat de ambii nervi.

Incontestabil că forţa flexorilor pentru prehensiune este net mai mare decât a extensorilor. Finalist, acest lucru se înţelege foarte bine căci în ADL-uri se solicită forţa la prehensiune şi nu şi la extensie. Valoarea capacităţii funcţionale a flexorilor creşte cu 50% pe măsură ce se realizează mişcarea de flexie în MCF pornind de la poziţia de zero. Nimic de acest fel nu se întâmplă cu extensorii al căror braţ al momentului rămâne practic nemodificat pe tot parcursul extensiei în MCF.

Kinetica mâinii, respectiv studiul activităţii musculaturii, este o problemă complexă, dificilă şi în plus încă incomplet elucidată.

Pornind de la miologia mâinii, de la multitudinea de entităţi musculare care acţionează şi conlucrează în vederea realizării celei mai elaborate activităţi motorii a omului, activitatea mâinii, vom putea înţelege doar o parte din realitatea funcţională complexă a mâinii. Deoarece aşa cum am arătat la începutul capitolului, acesta nu se va substitui capitolelor de artrologie şi miologie, ne vom mulţumi să prezentăm doar un tablou sinoptic cu musculatura mâinii şi cu acţiunile principale şi secundare ale fiecărui muşchi, tablou reprodus după J. Favill (tabloul 8.V).

O problemă importantă în biomecanica mâinii este gradul de dezvoltare a forţelor de presiune în timpul contracţiei musculare. Este vorba atât de forţele care se dezvoltă în tendoane cât şi de forţele de presiune articulare. Problema este departe de a fi fost elucidată existând doar studii parţiale.

Putem exemplifica astfel că într-o priză de fineţe latero-laterală se dezvoltă forţe în tendon de 1,30-5,60 kg în timp ce pentru o priză pulpară tot de fineţe se utilizează de obicei forţe de 1-3,5 kg. Este vorba de măsurători la nivelul policelui. În schimb, pentru o prehensiune de forţă doar în abductorul lung al policelui înregistrăm în tendon o forţă de 50 kg.

Forţele articulare, aşa-numitele os pe os, au fost în general ignorate dat fiind faptul că membrul superior nu este un membru de sprijin.

Într-adevăr, aceste forţe articulare nu sunt prea mari. Aşa spre exemplu (tot la nivelul policelui) forţele articulare sunt de cel mult 2 kg, la toate articulaţiile pentru o pensă care dezvoltă 1 kg forţă în tendonul muscular.

Dar la nivelul articulaţiilor carpometacarpiene se pot dezvolta în prehensiuni de mare forţă presiuni foarte mari de ordinul a 120-150 kg.

Parţial, aceste presiuni se transmit retrograd spre pumn. Aceste forţe explică o serie de dezvoltări patologice la acest nivel.

8.7. *Coloana vertebrală*

Coloana vertebrală este o structură cu 2 funcţii contradictorii: stabilitate, asigurând statica corpului, şi dinamică, asigurând flexibilitatea trunchiului şi gâtului.

Sub raportul stabilităţii, coloana determină posturile de bază: decubit, şezând, ortostatică.

Din punctul de vedere dinamic, rolul coloanei depăşeşte propria capacitate de mişcare, implicându-se şi în mişcările controlate ale membrelor superioare şi inferioare.

Stabilitatea pasivă a coloanei este realizată de structurile pasive ale coloanei (vertebre, curburi, articulaţii, ligamente), dar este determinată de structurile dinamice, prin contracţia musculaturii trunchiului, abdomenului şi centurilor.

1. ***Rolul curburilor fiziologice ale coloanei*** a fost precizat de mult ca având o importanţă deosebită în postura coloanei ca şi în transmiterea presiunilor de încărcare gravitaţională.

TABLOUL 8.V

TABLOU SINOPTIC CU MUSCULATURA MÂINII ŞI CU ACŢIUNILE PRINCIPALE ŞI SECUNDARE ALE FIECĂRUI MUŞCHI (DUPĂ J. FAVILL)

	Pumn				Metacarpo-falangiene				Inter falang. Proxim 1		Inter falang. Distal 2		Carpometa-carpofalang police				
	Flexie	Extensie	Abducţie	Adducţie	Flexie	Extensie	Abducţie	Adducţie	Flexie	Extensie	Flexie	Extensie	Flexie	Extensie	Abducţie	Adducţie	Opoziţie
Flexor radial al carpului	P		S														
Flexor ulnar al carpului	P			S													
Lungul palmar	P																
Extensor lung radial al carpului		P	S														
Extensor scurt radial al carpului		P	S														
Extensor ulnar al carpului		P		S													
Flexor profund degete	S				S						P						
Flexor superficial degete	S				S				P								
Extensor degete		S				P				P		P					
Extensor index		S				P				P		P					
Extensor deget mic		S				P	S			P		P					
Lumbricali					P					P		P					
Interosoşi dorsali					P		P			P		P					
Interosoşi palmari degete 2-3 şi 4					P			P		P		P					
Abductor deget mic							P										
Flexor scurt deget mic					P												
Opozant deget mic					P												
Extensor lung police		S	S									P				S	
Extensor scurt police			S			P									S		
Abductor lung police	S		S											S	P		
Abductor scurt police													S		P		
Flexor lung police	S				S				P								S
Flexor scurt police													P				S
Opozant police													P			S	
Adductor police																P	

Legenda: *P* = funcţie principală;
S = funcţie secundară.

Curburile se apreciază în raport cu linia gravitaţională. La nivel cervical şi lombar, coloana depăşeşte anterior această linie („curbe anterioare") realizând ceea ce nu tocmai corect se cheamă „lordoze" (termenul ar trebui păstrat doar pentru deviaţiile patologice). La nivel toracal şi sacral coloana depăşeşte posterior linia gravitaţională („curbe posterioare") denumite „cifoze" (aceeaşi observaţie ca la lordoze). Cele 2 tipuri de deviaţii posturale se compensează reciproc, creşterea uneia va fi imediat compensată de segmentul adiacent în sens invers.

Aprecierile biomecanice au calculat că existenţa curburilor coloanei realizează o scădere a forţelor gravitaţionale sau altor forţe externe exercitate asupra coloanei cu aproape 10 ori comparativ cu o coloană care ar fi perfect dreaptă şi rigidă.

2. ***Unităţile morfofuncţionale*** ale coloanei formate din 2 vertebre adiacente (cu corpurile şi articulaţiile lor posterioare) şi aparatul discoinelar reprezintă în acelaşi timp o unitate statică şi dinamică.

a) *Articulaţia anterioară* (corpurile vertebrale şi discul) preia 70% dinpresiunile de încărcare. Suprafaţa de sprijin creşte progresiv de la nivelul coloanei cervicale la coloana lombară şi odată cu ea şi valorile presionale preluate.

Articulaţia anterioară vertebrală rezistă la presiuni foarte mari, la tineri 450-600 kg, la bătrâni 130-150 kg. Vom vedea că la nivelul coloanei se dezvoltă forţe mult mai mari care însă sunt absorbite parţial de alte structuri.

Părerea că presiunile directe pe articulaţie afectează în primul rând discul cu inelul fibros este greşită. Zona care cedează prima este platoul vertebral superior sau inferior care bordează aparatul discoinelar. De fapt, mulţi autori consideră aceste platouri ca făcând parte din aparatul discal. Argumente sunt multiple: hrana cea mai importantă (oxigenul, glucoza etc.) vine la disc prin platourile vertebrale, acestea participă unitar cu discul la rezistenţa faţă de forţele de încărcare sau de forfecare, fibrele inelului fibros prinzându-se solid de platouri etc.

Aşadar, în suprasolicitări, primele cedează platourile (de obicei platoul de deasupra discului) apoi vine rândul corpului vertebral propriu-zis şi doar în final asistăm la ruptura inelului fibros cu hernierea discului.

Presiunile statice se exercită în orice postură a corpului. Iată un tablou cu valorile acestor presiuni măsurate la nivelul lui L3 şi considerând un individ de 70 kg.

• Culcat pe spate	20-25 kg
• Culcat pe o parte	70-75 kg
• În ortostatism cu trunchiul drept	100 kg
• În ortostatism cu trunchiul aplecat înainte la 40-45°	140-150 kg
• În şezând cu trunchiul drept	130-135 kg
• În şezând cu trunchiul aplecat înainte la 35-40	175-185 kg

(După Nachemson).

Aparatul discoinelar participă la stabilitatea intrinsecă a coloanei nu numai prin suportul presional, ci şi prin limitarea mişcărilor.

Mişcarea la nivelul fiecărei unităţi morfofuncţionale a coloanei depinde de raportul între grosimea discului şi înălţimea vertebrelor adiacente. Acest raport la nivelul coloanei cervicale este de 6, la nivel toracic de 22 şi lombar 13. Cu cât raportul va fi mai mic, cu atât mobilitatea segmentului este mai mare şi invers. Se vede că mobilitatea cervicală este de aproape 4 ori mai bună decât cea toracală.

Inelul fibros prin tensiunea fibrelor sale limitează de asemenea mişcarea vertebrală. Se consideră că aparatul discal permite o libertate de mişcare de cca 6°.

b) *Articulaţia posterioară* sau articulaţia faţetară, deşi formată din excrescenţele osoase ale arcurilor vertebrale, este o articulaţie adevărată având capsulă, sinovială, ligamente ca orice articulaţie.

Articulaţiile faţetare preiau 30% din presiunile de încărcare ale coloanei. Sunt articulaţii strânse deşi au o capsulă subţire şi mai largă. În schimb, aparatul ligamentar este puternic.

Orientarea faţetelor articulare (care se schimbă de la nivelul cervical la cel lombar) determină blocarea sau, din contră, permit mişcarea vertebrală într-o direcţie sau alta.

Astfel articulaţiile posterioare cervicale sunt orientate în plan frontal cu o uşoară angulare oblică spre planul transvers, ceea ce uşurează flexia-extensia dar stabilizează mişcarea de lateralitate permiţând o bună rotaţie. În zona toracală superioară, faţetele sunt orientate tot în plan frontal dar în angulaţie spre planul sagital, angulaţie ce se accentuează la toracalele inferioare. În acest fel, se permit flexia, rotaţia şi lateralitatea dar este blocată extensia. La nivel lombar, faţetele se află în plan sagital cu uşoară angulare în plan frontal, aranjament care limitează rotaţia, dar uşurează flexia-extensia şi lateralitatea.

3. ***Ligamentele*** reprezintă o importantă structură care asigură stabilitatea intrinsecă a coloanei, limitând excesul de mişcare astfel:

– Ligamentele interspinos şi supraspinos, ligamente foarte puternice limitează flexia.

– Ligamentele capsulare (ale articulaţiei posterioare), ligamentul galben şi ligamentul longitudinal posterior stabilizează coloana la terminarea flexiei.

– Ligamentul longitudinal anterior limitează extensia.

– Ligamentele colaterale intertransverse ca şi ligamentul galben şi cele capsulare limitează mişcarea de lateralitate.

– Ligamentele capsulare limitează rotaţiile.

4. ***Fascia toracolombară*** (lombodorsală) formaţiune fibrotendinoasă puternică cu rol important în stabilitatea coloanei inferioare şi a pelvisului, realizând o întărire a sistemului ligamentar posterior nepermiţând exagerarea flexiei coloanei lombare şi a basculării posterioare a pelvisului.

Fascia toracolombară care oferă suport de inserţie pentru o serie de muşchi paravertebrali contribuie şi prin intermediul acestora la stabilitatea coloanei.

5. ***Grilajul costal*** poate fi şi el considerat ca o componentă a stabilităţii pasive, a coloanei toracale limitând excesele de lateralitate şi rotaţie ale acesteia.

Contribuţia structurilor pasive la stabilitatea coloanei, mai ales a aparatului discoinelar, a articulaţiilor faţetare şi a ligamentelor este greu de cuantificat pentru fiecare în parte (deşi s-au făcut mule studii pe cadavru în această direcţie).

Date mai exacte în această direcţie există cu privire la rezistenţa acestor structuri la mişcarea de flexie a coloanei, a unei flexii complete sau la nivelul unei flexii la jumătate de amplitudine.

În tabloul 8.VI după studiile lui M. Adams şi W. Hutton sunt trecute rezistenţele diverselor structuri în cazul celor 2 tipuri de flexii la nivelul vertebrelor lombare.

TABLOUL 8.VI

REZISTENŢELE DIVERSELOR STRUCTURI ÎN CAZUL CELOR DOUĂ TIPURI DE FLEXII LA NIVELUL VERTEBRELOR LOMBARE (DUPĂ M. ADAMS ŞI W. HUTTON)

	Ligamentele supraspinos şi interspinos	*Ligamentul galben*	*Ligamentele capsulare (artic.post.)*	*Aparatul discoinelar*
Rezistenţa la % în flexia maximă	19 (± 7)	13 (± 6)	39 (± 8)	29 (± 12)
Rezistenţa la % în jumătate de flexie	8 (± 5)	28 (± 10)	25 (± 8)	38 (± 13)

Se poate observa că ligamentul galben şi ligamentele supra- şi interspinos au roluri reciproce în cele 2 poziţii de flexie. Aceeaşi observaţie şi pentru articulaţiile posterioare cu aparatul discal.

Contribuţia exactă a articulaţiilor posterioare este destul de controversată căci se pare că un rol important îl au pediculii vertebrali ori, în general, studiile asupra articulaţiilor posterioare s-au făcut cu secţionarea pediculilor care evident scade mult rezistenţa faţetelor articulare.

La nivelul coloanei cervicale, rolurile principale de stabilizare le joacă ligamentele anterioare pentru extensie şi cele posterioare pentru flexie.

Blocarea mişcărilor de rotaţie este realizată de faţetele articulaţiilor posterioare (nu de capsulă) şi de aparatul discoinelar.

Stabilitatea activă a coloanei, reprezentată de contribuţia tonusului şi contracţiei musculare, stă de fapt la baza realizărilor diverselor posturi ale trunchiului ce asigură activitatea liberă a membrelor. În absenţa acţiunii musculaturii trunchiului, factorii stabilităţii pasive nu pot nici fixa coloana pentru a deveni punct de sprijin al musculaturii membrelor şi nici nu pot menţine posturile antigravitaţionale.

Trebuie înţeles deci că musculatura coloanei are rol esenţial nu numai în funcţia dinamică a coloanei cum este normal, ci joacă şi rolul de bază în menţinerea staticii vertebrale.

În continuare, vom trece succint în revistă rolul funcţional dublu jucat de musculatura paravertebrală.

Foarte schematic, putem considera două sisteme musculare posterioare ale trunchiului:

a) Musculatura intrinsecă profundă sau musculatura transversospinală (în unghiul diedru dintre apofiza transversă şi cea spinoasă), formată (de la suprafaţă spre profunzime) din muşchii semispinali, multifizi şi rotatori, alcătuiţi din 11 perechi de mici muşchi mai bine reprezentaţi toracic.

b) Muşchii erectori – în partea inferioară trunchiului –, care se continuă în sus cu trei sisteme musculare: sistemul iliocostal (cel mai lateral), sistemul musculaturii lungi (longissimus) şi sistemul muşchilor spinali (spinalis) – cei mai mediali.

O altă descriere a sistemului muscular posterior, după Kapandji, este prezentată pe 3 planuri: profund (musculatura erectoare), intermediar (dinţatul postero-inferior) şi superficial (latissimus dorsi).

a) *Musculatura transversospinală* are o activitate controversată; în general, se consideră că nu ia parte la ridicarea trunchiului. Rolul ei important este de a stabiliza, acţionând ca un „ligament dinamic", ajustând micile mişcări între vertebre, ca şi stabilizarea lor (MacConaill şi Basmajian). Studii făcute în ultimul timp au evidenţiat aspecte paradoxale în acţiunea de rotatori ai trunchiului pe care o îndeplinesc aceşti muşchi. Teoretic, în zona toracică, spre exemplu, rotaţia spre stânga activează intens transversospinalii din dreapta, lăsând inactivaţi pe cei din stânga. Surprinzător, studii EMG au dovedit însă activităţi egale pe ambele părţi ale coloanei. În ceea ce priveşte transversospinalii lombari, care au o acţiune mult mai redusă în rotaţie, nu au apărut discrepanţe între activitatea teoretică şi cea găsită practic. În timpul flectării trunchiului, dacă acesta este şi rotat, apare activitate în transversospinali, care însă dispare când flexia este completă (vezi mai departe).

b) *Musculatura erectoare* asigură extensia trunchiului: în poziţia ortostatică dreaptă apare o slabă activitate în musculatura spatelui. Pe măsură ce flectăm trunchiul, activitatea musculaturii erectoare creşte, pentru ca în momentul în care flexia este completă să nu se mai înregistreze contracţia. Toată rezistenţa menţinerii trunchiului este preluată de ligamentele coloanei, discuri şi articulaţiile posterioare. De aici se deduc uşor solicitarea vertebrală din poziţia de flexie maximă şi pericolul pentru discuri.

În jurul unei flexii de 50°, erectorii îşi încep relaxarea, la finele flexiei trunchiului fiind complet inactivi. În schimb, devin foarte activi ischiogambierii pentru a fixa bazinul şi a securiza astfel trunchiul să nu cadă în faţă.

Începerea extensiei nu activează întreaga massă musculară. Influxul masiv apare la mijlocul cursei extensiei (mai ales pentru regiunea lombară). În momentul ridicării unei greutăţi, muscultura erectoare rămâne relaxată, tot efortul fiind preluat de structurile coloanei. Pe parcursul extensiei trunchiului, erectorii se activează.

Hiperextensia trunchiului de la poziţia ortostatică dreaptă se face cu activarea musculaturii erectoare. Plasând o greutate în partea superioară a to-

racelui, acesta se apleacă înainte şi erectorii intră în activitate. Plasând aceeaşi greutate pe partea inferioară, se va înregistra o slabă activitate musculară.

Din poziţia ortostatică, înclinarea laterală a trunchiului se face şi cu activarea erectorilor de pe partea opusă – ar fi un model de cooperare în activitate, şi nu un antagonism simultan. Dar erectorii nu intră în acţiune în înclinarea laterală decât în cazul în care corpul este concomitent aplecat înainte sau îndărăt.

În timpul tusei şi efortului erectorii sunt în intensă contractură, chiar dacă trunchiul este în flexia completă sau în alte poziţii de relaxare. În exerciţiile care implică o activitate intensă din poziţie ortostatică, primii solicitaţi sunt spinalii apoi m. longissimus şi, în final, iliocostalii. Din decubit ventral, extensia trunchiului pune în activitate intensă toţi aceşti muşchi, ca şi massa erectoare principală inferioară.

Poziţia în şezând, cu sprijin, relaxează musculatura spatelui, dar aplecarea înainte determină contracţia. S-a dovedit că intensitatea contracţiei merge paralel cu presiunea intradiscală (scad sau cresc împreună).

Orice situaţie în care centrul de greutate – linia de gravitaţie – al corpului este translat înainte va determina creşterea activităţii erectorilor trunchiului. Deoarece în poziţia ortostatică linia de gravitaţie este interioară zonei toracice, musculatura posterioară a acestei zone este permanent în activitate (nu şi cea lombară).

Observaţiile de mai sus asupra activităţii erectorilor se consideră „fiziologice". Studii practice arată însă că la femeile sau bărbaţii puţin antrenaţi se înregistrează activităţi musculare erectoare care nu sunt necesare într-o poziţie sau situaţie date.

Musculatura extensoare a lombei acţionează efectiv şi în realizarea şi creşterea lordozei lombare.

Dacă musculatura erectoare a coloanei acţionează absolut similar la nivelul coloanei lombare şi a celei dorsale, la nivelul coloanei cervicale organizarea musculară este diferită şi aceasta în primul rând datorită solicitărilor pe rotaţie a coloanei cervicale.

Kapandji descrie la acest nivel 4 planuri. Din profunzime spre suprafaţă sunt: în plan profund sunt muşchii suboccipitali, urmează semispinalii (capitis şi cervicis) şi alţi 3 muşchi mici, apoi splenius şi ridicătorul scapulei iar planul superficial este format din trapez şi sternocleidomastoidian. Toţi muşchii participă la rotaţie şi flexie ipsilaterală. Ultimii 2 muşchi_rotează contralateral. Cuplurile musculare cervicale sunt interesante. Astfel, contracţia unui grup muscular unilateral determină lateroflexie în timp ce contracţia ambelor grupe (bilateral) realizează extensia coloanei cervicale.

Splenius capitis face rotaţia capului de aceeaşi parte, mişcare întărită de sternocleidomastoidianul de partea opusă.

Musculatura flexoare cervicală lucrează de asemenea în cupluri. Scalenii, sternocleidomastoidienii, longus capiti şi chiar cervicis formează grupul principal flexor. Contracţia bilaterală a flexorilor neutralizează rotaţia şi flexia laterală.

Scalenii şi sternocleidomastoidienii au acţiuni variate în funcţie de condiţiile locale la un moment dat. De ex., în cazul în care coloana cervicală nu este fixată (nu este menţinută rigidă) contracţia bilaterală a sternocleidomastoidienilor determină o creştere puternică a lordozei cervicale cu flectarea coloanei cervicale inferioare şi cu extensia capului.

Dacă coloana cervicală este fixată, sternocleidomastoidienii şi scalenii trag capul înainte în momentul flexiei cervicale.

Musculatura abdominală este alcătuită din drepţii abdominali, muşchii oblici şi transvers. Studiile au fost concentrate, mai ales, pe activitatea drepţilor şi oblicilor.

În decubit dorsal, musculatura este relaxată, dar la persoanele nevrotice se înregistrează o slabă activitate. Ridicarea capului (considerată ca o mişcare de tonifiere a musculaturii abdominale) determină activitate numai în drepţii abdominali, oblicii sunt relaxaţi sau cel mult înregistrează o slabă activitate. În schimb, ridicarea ambelor membre inferioare activează puternic şi drepţii, şi oblicii, pe când ridicarea câte unui membru activează predominant respectiva parte a peretelui abdominal.

În ortostatism, musculatura abdominală este relaxată, cu excepţia părţii inferioare a oblicului intern, care rămâne „un paznic" permanent al zonei inghinale.

În timpul efortului, în poziţie dreaptă sau aplecată, cu respiraţia oprită, în timpul tusei sau al expiraţiei forţate, se contractă doar oblicii, nu şi drepţii. După unii autori, doar în tuse ar intra totuşi în contracţie şi drepţii (Sousa, Furlani).

Mişcarea trunchiului (fără rezistenţă), din şezând sau ortostatism, nu determină contracţii în drepţi sau oblici, cu excepţia lateralităţii (activitate în fibrele postero-laterale ale oblicului extern) şi extensiei, când apare activitate prin întinderea drepţilor. În flexie nu există activitate, cu excepţia momentului de flexie maximă, când apare activitate în drepţi.

Orice mişcare cu rezistenţă, inclusiv contra gravitaţiei, determină activitate musculară. Muşchii abdominali sunt flexori ai trunchiului doar împotriva unei rezistenţe.

Muscultura abdominală are un rol important în determinarea presiunii pozitive intraabdominale – important element ajutător al coloanei în stabilizarea trunchiului. Musculatura abdominală controlează deci coloana lombară.

Rolul principal în determinarea presiunii intraabdominale îl au oblicii şi transversul.

Un alt muşchi care se implică în biomecanica lombară este psoasiliacul şi aceasta datorită variatelor lui inserţii.

El poate realiza accentuări importante ale lordozei lombare cu basculare de bazin. Se creează o relaţie mecanică între flexia lombară – bascularea posterioară a pelvisului şi flexia şoldului. Şi relaţia cuplării mişcărilor inverse este exactă.

8.7.1. *Kinetica coloanei*

S-a subliniat deja importanţa forţelor care se exercită asupra coloanei. Masele musculare ce se inseră de-a lungul coloanei dezvoltă prin contracţie forţe impresionant de mari, de sute de kg, mai ales în timpul mobilizării coloanei. Trebuie adăugată de asemenea contribuţia mecanică a trunchiului, deci a coloanei, în toate situaţiile de ridicat şi cărat greutăţi care măresc considerabil presiunile.

Astfel, presiunea determinată la nivelul ultimelor vertebre lombare de aplecarea trunchiului înainte pentru a ridica o greutate poate fi calculată considerându-se braţul de pârghie format de trunchi-braţe-cap + greutatea, ca fiind resimţită de cca 9-10 ori mai mare de către braţul rezistenţei (vezi fig. 8.24). Aceste forţe enorme din fericire sunt parţial absorbite de cele 2 cavităţi: toracele şi abdomenul. În momentul ridicării greutăţilor, muşchii inter-

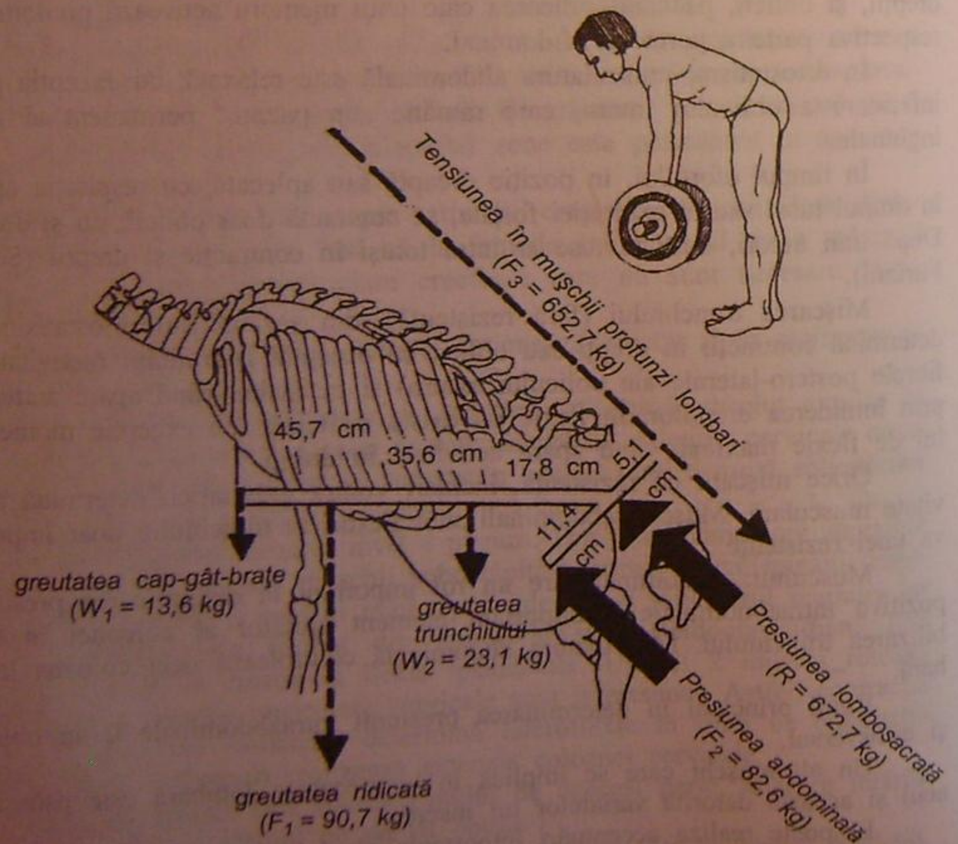


Fig. 8.24. – Forţa de compresie la nivelul lombar inferior (după Morris J.N. şi Lucas D.B.).

costali şi cei ai centurii scapulare prin contracţia lor rigidizează cavitatea toracică, iar contracţia diafragmului şi a musculaturii abdominale (mai ales transversul) compresează conţinutul semisolid abdominal realizându-se astfel cea de a doua cavitate semirigidă. Dovada preluării de către aceste cavităţi a unei părţi din forţele dezvoltate o face creşterea paralelă a presiunilor intracavitare cu valoarea greutăţilor ridicate (a efortului).

Astfel abdomenul preia cca 30% din presiunile de la nivelul lombar în timp ce cavitatea toracică reduce cu 50% presiunea la nivel toracolombar.

Trebuie reţinut că presiunile pe coloană se modifică permanent în funcţie de postura luată, de mişcarea făcută, de supraîncărcarea prin ridicarea unei greutăţi.

În tabloul 8.VII preluat după studiile lui Nachemson se exemplifică acest aspect.

Tabloul este modificat prin înlocuirea exprimării valorilor presionale din Newtoni în kg.

Presiunile dezvoltate în timpul posturilor de bază au fost deja consemnate ceva mai sus. Prezentăm în tablou alte câteva situaţii:

TABLOUL 8.VII

PRESIUNILE PE COLOANA LOMBARĂ ÎN DIVERSE SITUAŢII

În tuse	60-65 kg
Aplecat 20°	60 kg
Aplecat 40°	120 kg
Aplecat 20° cu 20 kg	122 kg
Aplecat 20°, rotat 20° cu 10 kg	215 kg
În ridicare de pe scaun	120 kg
Ridicând 10 kg, spate drept, genunchi flectaţi	174 kg
Ridicând 10 kg, spate curbat	194 kg
Ţinând în mâna întinsă 5 kg	194 kg

Există câteva diferenţe faţă de calculele altor autori (ex. poziţia de flexie a trunchiului la diverse grade care este subapreciată în tablou).

Din tablou se poate vedea că, mărind unghiul de flexie al coloanei şi în primul rând a celei lombare, şi/sau mărind încărcarea braţelor presiunea pe coloană va creşte aproximativ linear. Este normal deci să crească şi mărimea forţelor care contrabalansează aceste presiuni.

Dar nu este vorba doar de contracararea presiunilor de încărcare vertebrale deoarece în timpul flexiei se dezvoltă presiuni de forfecare datorită tendinţei vertebrelor de a aluneca anterior una peste alta. Aceste forţe trebuie anihilate ca să se menţină o kinematică normală.

Contracararea este realizată de contracţia erectorilor coloanei şi a extensorilor membrului inferior, precum şi de rezistenţa ţesuturilor necontractile. Massa musculară prin contracţie activă este efectivă până spre 50-60° flexie, moment în care activitatea musculară diminuă rapid intrând în joc în special

structurile pasive. Evident că şi în această situaţie muşchiul şi tendonul participă la contracararea forţelor gravitaţionale şi de forfecare prin rezistenţa tisulară chiar dacă nu mai înregistrăm activitate contractilă. Aşadar, după 50-60° flexie (spre 90°) toată rezistenţa este pe structurile posterioare pasive care ar putea produce aproximativ 127 kg rezistenţă. Considerând că musculatura extensoare în activitate ar putea oferi contrarezistenţe de cca 235 kg, ajungem la un total de 360-370 kg capacitate de rezistenţă a coloanei la nivel lombar.

Capacitatea de lucru a muşchilor (torque) s-a mai discutat, este dependentă nu numai de forţa propriu-zisă, ci şi de braţul momentului.

Se ştiu puţine lucruri despre torque atât al musculaturii extensoare, cât şi a celei flexoare a coloanei.

Aprecierea mărimii braţului momentului este deocamdată o imposibilitate dat fiind dificultăţile de apreciere a centrelor de rotaţie pentru fiecare unitate morfofuncţională vertebrală.

Există însă unele studii pentru a măsura torque-ul ca atare fără aprecierea braţului momentului. Studiile nefiind standardizate ca metodologie de lucru valorile publicate sunt foarte variate. Iată câteva valori:

- Torque-ul de extensie isometrică la 40° de flexie a fost de 380 N (39 kg);
- La 20° scade la 312 N.

Torque-ul dinamic – excentric este ceva mai mare după cum cel dinamic – concentric este mai mic faţă de cel isometric. Variaţiile însă, între torque-ul dinamic şi cel isometric sunt mici căci velocitatea trunchiului este scăzută. La persoane normale, dar neantrenate, torque-ul musculaturii spatelui la femei este cu aproape 50% mai scăzut decât la bărbaţi.

8.7.2. *Kinematica coloanei*

Mobilitatea coloanei nu este decât o sumare a celor 6 grade de libertate (în medie) pe care o prezintă unităţile morfofuncţionale vertebrale. Să considerăm mişcarea de flexie în unitatea morfofuncţională L3-L4, adică în locul unde odată cu flexia, corpul vertebral L3 alunecă anterior pe L4, determinând o compresie a părţii anterioare a discului dintre cele 2 vertebre. Se realizează forţe nu numai de compresie, ci şi de forfecare. Această mişcare este însă repede blocată de ligamentele posterioare, de capsula articulaţiei posterioare, de musculatura posterioară care se contractă, de fascia toraco-lombară de peretele posterior al inelului fibros. Aceeaşi limitare se realizează şi pentru extensie de către structurile anterioare. Fără intervenţia structurilor limitatoare, mişcarea de flexie – extensie ar fi putut fi potenţial nelimitată.

Mişcarea de lateroflexie creează compresie laterală blocându-se în articulaţiile faţetare căci aceste articulaţii au o foarte limitată libertate în acest plan de mişcare.

Asocierea mişcării de flexie cu cea de lateroflexie se realizează prin curbarea coloanei în 2 planuri perpendiculare unul pe altul. A se putea realiza aşa ceva nu este posibil decât dacă coloana execută şi o mişcare de rotaţie în ax. Acest fenomen reprezintă un „cupling" de asociere a unui ax de mişcare rotator cu un altul. Acest cupling se produce la nivelul fiecărui segment funcţional (unitate morfofuncţională) al coloanei, dar prin orientarea faţetelor articulaţiei posterioare se va permite o mişcare de rotaţie mai mare sau mai mică. În acest sens, lomba permite cea mai mică amplitudine de rotaţie. Cea mai mare existând în coloana cervicală şi partea superioară a coloanei dorsale.

Coloana toracală ar putea avea o mişcare mult mai mare, dar se opune grilajul costal în toate direcţiile.

În figura 8.25 sunt prezentate cele 3 tipuri de mişcări la diverse nivele ale coloanei. Să se observe absenţa completă a rotaţiei la nivelul primei articulaţii cervicale (occiput – C1) şi a lateroflexiei în C1-C2.

Foarte evidente sunt cuplingurile cervicale. Astfel dacă, să presupunem, facem o lateroflexie dreaptă, rotaţia se produce tot spre dreapta, fenomen pe care îl constatăm cu uşurinţă, deoarece apofizele spinoase se vor deplasa spre stânga. Într-o flexie completă cervicală, coloana cervicală superioară rămâne dreaptă (în vizualizare laterală) rămânând aşa până la revenirea aproape com-

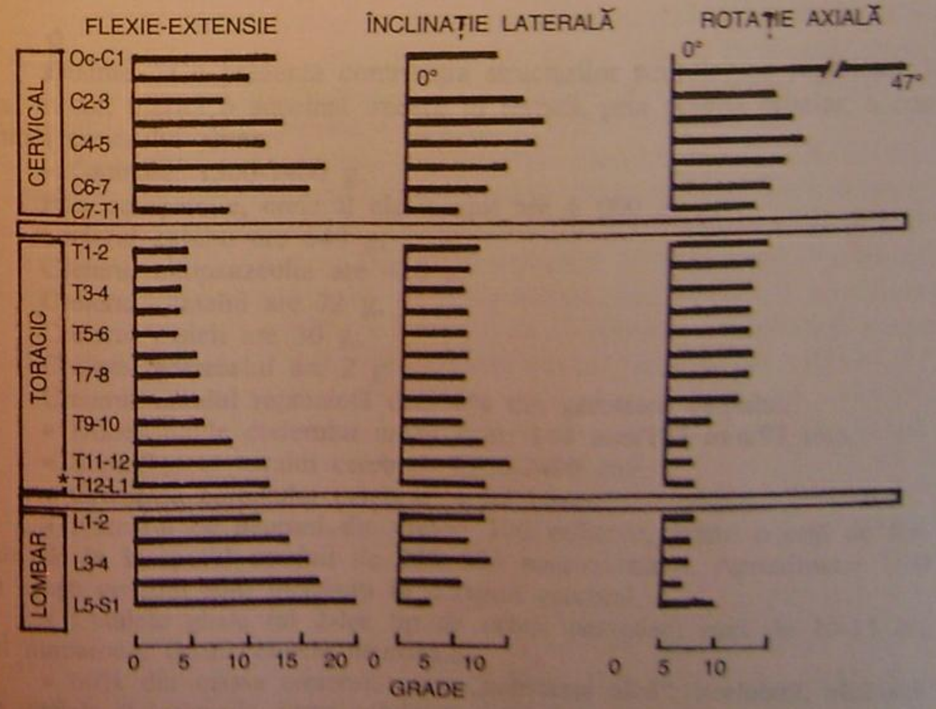


Fig. 8.25. – Mişcările coloanei vertebrale la diverse nivele.

pletă în extensie, moment în care curbura revine (lordoza). Partea inferioară a coloanei cervicale se curbează devenind concavă anterior în flexie şi convexă anterior în extensie maximă.

*
* *

Numeroasele injurii la care este supusă coloana determină abateri dintre cele mai variate de la biomecanica normală. Aceste abateri pot apărea şi să persiste din copilărie până la bătrâneţe. Probabil că există un procent foarte mic din populaţia globului care să prezinte realmente o kinematică şi kinetică de coloană normale. Aşa se şi explică de ce algiile coloanei lombare şi/sau cervicale reprezintă cea mai frecventă suferinţă a omului.

De o astfel de realitate nu este străină trecerea fiinţei umane spre bipedism la care încă nu suntem suficient de bine adaptaţi.

Asupra acestor probleme legate de adaptarea coloanei la verticalitate se va mai discuta la capitolul despre postură şi alinierea corpului.

Capitolul 9

STRUCTURILE SUPRASEGMENTARE (SUPRAMEDULARE)

9.1. *CREIERUL ÎN CIFRE* 331
9.2. *STRUCTURILE SUPRASEGMENTARE* 332
9.2.1. **Cortextul sensorio-motor** . 332
9.2.2. **Trunchiul cerebral** 335
9.2.3. **Cerebelul** 336
9.2.4. **Ganglionii bazali** 338
9.2.5. **Căile ascendente** 339
9.2.6. **Sistemul limbic** 341
9.2.7. **Specializarea emisferelor** . 342

9.1. *CREIERUL ÎN CIFRE*

Înainte de a prezenta contribuţia structurilor neurologice superioare la actul motor, meritã o succintă trecere în revistă, prin prisma cifrelor, a constituţiei creierului uman.

- Greutate: 1300-1400 g.

Prin comparaţie, creierul elefantului are 6 000 g;
Creierul calului are 540 g;
Creierul cimpanzeului are 420 g;
Creierul câinelui are 72 g;
Creierul pisicii are 30 g;
Creierul şoarecelui are 2 g.
Creierul omului reprezintă deci 2% din greutatea corpului.

- Dimensiunile creierului uman sunt: 140 mm/167 mm/93 mm.
- Suprafaţa cortexului cerebral: 2200-2400 cm^2.
- Grosimea cortexului cerebral: 1,5-4,5 mm.
- Numărul de neuroni din creier: 100 miliarde, având o rată de formare de la începutul sarcinii de 250 000 neuroni/minut. Aproximativ 1/10 din aceşti neuroni sunt localizaţi în cortexul cerebral.
- Celulele gliale (al 2-lea tip de celule nervoase) sunt de 10-15 ori mai numeroase decât celulele neuronale.
- 60% din massa creierului este „substanţa albă", acelulară, alcătuită din tractele şi legăturile dintre celule. Se consideră că doar în cortexul cerebral există 60 de mii de miliarde (!!) de sinapse.

• 40% din massa creierului este „substanţa cenuşie" formată din celulele nervoase.

• Consumul de O_2 al substanţei albe este doar de 6% din cei 46L O_2/min (consumul întregului creier) în timp ce substanţa cenuşie consumă restul de 94% (deşi reprezintă doar 40% din massa creierului).

• Consumul de O_2 al creierului este aproape 20% din consumul întregului organism când acesta este în repaus (deci fără consum muscular important).

• Fluxul sanguin al creierului este de 750 ml/min.

Să amintim că cerebelul, cu cele 150 g ale lui, conţine aproape jumătate din neuronii întregului creier.

9.2. *STRUCTURILE SUPRASEGMENTARE*

Activitatea motoneuronilor medulari este controlată de etajele superioare ale nevraxului. Dintr-un capitol anterior s-a văzut că şi în cazul reflexelor se realizează un control superior asupra motoneuronilor şi neuronilor intermediari (mai ales asupra stării lor de excitabilitate).

Se obişnuieşte să se considere *„control direct"* influenţa centrilor superiori asupra motoneuronului alfa şi *„control indirect"* influenţa superioară asupra motoneuronilor gamma. Aceşti motoneuroni având un prag de excitaţie foarte coborât sunt în permanenţă activaţi de centrii superiori. Din acest motiv bucla gama este menţinută perm anent-funcţională ceea ce înseamnă întreţinerea unei stări de excitaţie şi a motoneuronilor alfa. Pe această cale aşadar se realizează „controlul indirect".

Orice activitate motorie voluntară este declanşată supraspinal de către formaţiunile piramidale şi extrapiramidale care emit impulsuri cu acţiune depolarizantă asupra motoneuronilor medulari de unde se va declanşa excitaţia pentru contracţia musculară.

În cele ce urmează, se vor trece în revistă în mod succint principalele formaţiuni neurologice centrale care intră în procesul complex al comenzii şi transmiterii impulsurilor ce au ca finalitate mişcarea.

9.2.1. *Cortexul sensoriomotor (CSM)*

CSM este reprezentat de o porţiune a cortexului cerebral (groasă de 3 mm) situată imediat anterior şi posterior faţă de sulcul central. Pe această importantă porţiune au fost individualizate o serie de arii (descrise de Brodmann) cu responsabilităţi principale (dar nu exclusive) în procesul generării mişcărilor.

Astfel:

– Aria 4 (aria motorie prerolandică, aria cortexului motor primar) localizată anterior de sulcusul central are rolul de a sintetiza inputurile de la diferite zone ale SNC şi de a genera şi transmite comanda motorie centrală către trunchiul cerebral şi măduvă iniţiind şi modulând mişcarea voluntară (muşchii care sunt necesari a fi activaţi, mărimea forţei musculare, durata contracţiei). Din aria 4 pleacă informaţii şi spre ganglionii bazali şi cerebel.

Comenzile ei sunt contralaterale.

– Aria 6 (aria cortexului premotor) plasată de asemenea anterior de sulcusul central, realizează orientarea corpului şi membrelor înainte de mişcare şi ghidează mişcările membrelor pe baza informaţiilor sensitivo-sensoriale. Aria 6 este importantă pentru învăţarea unor mişcări noi.

– Aria 6 suplimentară (aria motorie suplimentară) plasată tot anterior pe suprafaţa medială între ariile 4 şi 8 este importantă, căci aici se realizează planificarea mişcărilor ce asigură corectitudinea secvenţelor activităţii musculare pentru mişcări cu mare abilitate ca scrisul, vorbitul, cântatul la pian etc. Această arie are un rol important în imaginarea mişcărilor (Roland, Larsen, 1980). Intervine de asemenea în relaţia input-output de la nivelul ariei 4.

– Ariile 5 şi 7 (cortexul parietal posterior) analizează informaţiile senitivo-sensoriale pentru a acorda mişcările cu mediul înconjurător. Aria 5 este implicată în special în informaţiile tactile, iar aria 7 în cele vizuale.

– Ariile 1-3 (cortexul somatosensitiv primar) primesc aferenţe de la periferie.

Atât aferenţa sensitivă, inputul, cât şi eferenţa motorie, outputul, sunt organizate la nivelul cortexului corticosensitiv sub formă „somatotopică", adică ca o hartă a corpului ca un „homunculus sensitiv" şi „homunculus motor". Imaginea acestor homunculuşi este clasică, un omuleţ cu capul în jos având o mână cu police şi faţa cu limba enorme în comparaţie cu restul corpului.

Această reprezentare teritorială exactă a hărţii corpului o întâlnim nu numai în teritoriul cortexului sensitivo-motor, ci şi în cerebel şi talamus.

Activitatea cortexului sensitivo-motor realizează planificarea şi comanda mişcării prin activarea individuală a unor muşchi, a unor grupe musculare sau a mişcării globale în sine.

Există o foarte mare disponibilitate a cortexului motor de a schimba de la o arie la alta controlul mişcării în funcţie de cerinţele venite din exterior, schimbându-se permanent strategiile outputului motor. Această abilitate deosebită a cortexului motor este posibilă numai în absenţa vreunei organizări ierarhizate între ariile cortexului sensitivo-motor. Într-adevăr, nu se mai consideră azi că ar exista ierarhizări căci s-a dovedit că diferitele arii pot lua rol prioritar în funcţie de contextul şi cerinţele mişcării (Honk, Kalaska, Crammond, 1992-1993).

Din cortexul sensitivo-motor coboară tractul cortico-spinal care merge pe partea laterală medulară, inervând mai ales musculatura distală.

Fibrele care pleacă de la aceste arii şi trec prin piramidele bulbare reprezintă căile piramidale, în timp ce fibrele care ocolesc piramidele sunt căi extrapiramidale.

a) ***Sistemul piramidal*** asigură „telekinezia" sau motricitatea voluntară, de control şi declanşare intenţională a activităţii aparatului motor muscular. În mod special, se consideră că musculatura distală a membrelor este sub controlul complet al căii piramidale. Sistemul piramidal este nu numai un activator direct, ci şi un sistem facilitator pentru motoneuronii medulari. Sunt necesare stimulări repetitive pentru ca să obţinem un răspuns motor. Se consideră, de asemenea, că sistemul piramidal venit de la aria 4 creează un fond de excitaţie permanentă a motoneuronilor şi pe acest fond diverse inflexuri venite din alte părţi ale scoarţei ar comanda şi realiza mişcările. Acest fond de excitaţie este determinat de activitatea continuă ritmică a sistemului piramidal (10 impulsuri/s), care nu creează mişcare, dar participă la menţinerea tonusului muscular prin excitarea motoneuronului alfa tonic. În acest fel, se poate vorbi şi de influenţa formaţiunilor piramidale asupra tonusului muscular.

b) ***Sistemul extrapiramidal*** este mult mai complex decât cel piramidal, făcând numeroase sinapse în nevrax şi realizând circuite descendente spre cornul anterior medular sau circuite recurente (scoarţă-structuri subcorticale – scoarţă). Rolul sistemului extrapiramidal este de a regla tonusul muscular al posturii, ca şi mişcările complexe reflex-automate. Dar el intervine şi în mişcarea voluntară declanşată de sistemul piramidal, controlându-i dimensiunea, amplitudinea, stabilitatea prin acele circuite recurente (de exemplu, cortico-strio-palido-talamo-cortical).

Releele subcorticale pe care le contactează căile extrapiramidale fac aproape imposibilă o perfectă cunoaştere a rolului structurilor extrapiramidale în motricitate. Principalele relee motorii subcorticale extrapiramidale sunt:

– nucleii striaţi (caudat şi lenticular – acesta din urmă fiind format din putamen şi globus pallidus);

– nucleii cenuşii din mezencefal şi subtalamus (nucleul roşu, locus niger, corpul Luys, zona incerta).

Sistemul extrapiramidal exercită asupra motoneuronilor medulari efecte atât facilitatorii, cât şi inhibitorii. Sistemul extrapiramidal mai vechi din punct de vedere filogenetic ar juca rolul principal în comanda mişcărilor ample, grosolane, lipsite de precizie, efectuate de musculatura centurilor. Rolul principal al acestei musculaturi este însă de direcţionare şi fixare a membrului, pentru a se putea realiza mişcarea fină, voluntară, cu comandă piramidală.

Sistemul piramidal şi cel extrapiramidal formează aşadar comanda şi conducerea influxului nervos, care stau la baza contracţiei musculare. Acţiunea acestor două sisteme este permanent modulată de numeroşi factori sensitivi şi senzoriali informaţionali, care vor definitiva „calitatea şi cantitatea" mişcării.

Mişcarea voluntară cere o ajustare tonică posturală, care precedă însăşi mişcarea, dar o şi urmează, ca o umbră, în timpul acţiunii. Este rolul buclei gamma să realizeze această ajustare permanentă pe baza comenzii extrapiramidale şi modulării, în special cerebeloase, a formaţiunilor reticulate şi a apa-

ratului vestibular. Modularea este dată de schimbările permanente ale tonusului agoniştilor şi antagoniştilor.

Direcţionarea generală a mişcării, arondarea şi continuitatea ei sunt date de cortex. Intrarea în acţiune, succesiv, a tuturor categoriilor de muşchi este sub dependenţa în special a sistemului piramidal, a comenzii corticale voluntare.

O activitate minimă pune în contracţie agoniştii; creşterea intensităţii acestei activităţi solicită şi sinergiştii, ca în cele din urmă, sub comanda pentru o activitate intensă, să fie stimulaţi şi antagoniştii.

9.2.2. *Trunchiul cerebral (TC)*

Figura 9.1 arată amplasarea şi componentele TC. Astfel, bulbul este locul de intrare şi ieşire a multor nervi cranieni, ca şi sediul centrilor autonomi vitali (cardiaci, respiratori) sau ai funcţiei gastrointestinale; *mezencefalul* face legătura cu talamusul şi hipotalamusul; *puntea* leagă TC de cerebel, iar *centrii motori* din TC (nucleul roşu, nucleul vestibular lateral şi formaţiunea reticulată) sunt sediul unor neuroni ai căror axoni reprezintă eferenţe motorii spre motoneuronii medulari. Aceste eferenţe formează tracturi bine delimitate şi anume:

– *Tractul rubrospinal*, ce porneşte din nucleul roşu, se încrucişează chiar în TC, inervând motoneuronii alfa şi gamma ai muşchilor flexori şi inhibând pe cei ai muşchilor extensori de pe partea contralaterală a măduvei.

Axonii în tractul rubrospinal au aranjament somatotop.

Nucleul roşu primeşte inputuri mai ales de la nucleul dinţat al cerebelului şi de la cortexul motor.

– *Tractul vestibulospinal* cu originea în nucleul vestibular lateral având de asemenea un aranjament somatotop, inervează motoneuronii ipsilaterali medulari, şi anume excită alfa- şi gamma–motoneuronii musculaturii extensorilor şi inhibă pe cei ce comandă flexia.

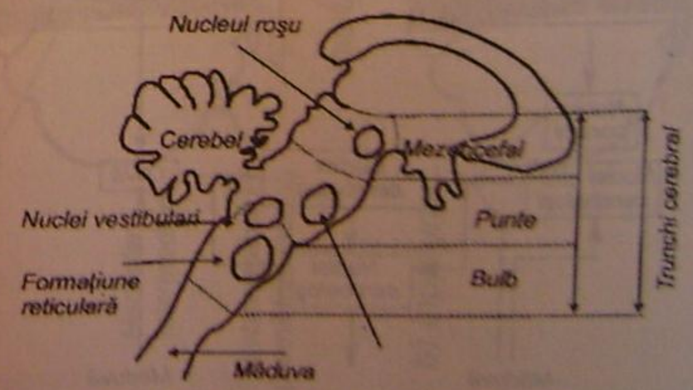


Fig. 9.1. – Trunchiul cerebral (după R.F. Schmidt).

Nucleul vestibular primeşte inputuri de la cerebel şi de la labirint (organ al echilibrului).

– *Cele 2 tracturi reticulospinale,* care pornesc din formaţia reticulată, nu au organizare somatotopă, ele întinzându-se pe toată măduva.

Formaţia reticulată primeşte inputuri de la cortexul sensitiv, de la cerebel (nucleul fastigial), ca şi informaţii de la căile ascendente medulare.

– *Tractul tectospinal* ai cărui neuroni sunt în mezencefal realizează orientarea capului şi gâtului în funcţie de stimulii veniţi de la ochi.

În 1985 Kuypers creează o schemă funcţională sintetică asupra tracturilor descendente ale structurilor suprasegmentare. El consideră că există 3 mari căi descendente:

1. ***Tractul corticospinal încrucişat*** despre care s-a vorbit mai sus.
2. ***Calea grupului A*** localizată în partea ventro-medială a trunchiului cerebral, formată din tracturile vestibulospinal, reticulospinal şi tectospinal.

Activarea grupului A determină comenzile pentru suportul postural necesar mişcărilor direcţionate (cu scop precis), excitând muşchii sinergişti mai ales cei axiali şi proximali. Axonii acestui grup dau foarte multe colaterale implicând astfel foarte mulţi muşchi.

Tracturile acestui grup se plasează în partea ventrală şi ventromedială a măduvei.

3. ***Calea grupului B*** este formată din tracturile rubrospinal şi reticulospinal (ambele încrucişate) cu acţiune aproape specifică pe flexorii distali. În măduvă se plasează dorsolateral. Axonii lor dau puţine colaterale, merg nu numai pe motoneuronii medulari, ci şi pe neuronii intercalari.

9.2.3. *Cerebelul*

Este o staţie de modulare a mişcărilor extrem de importantă căci prin el trec stimulii proprioceptivi musculari, articulari şi cei de la exteroceptorii cutanaţi ca şi inputul vestibular şi sensorial. Cerebelul conţine peste jumătate

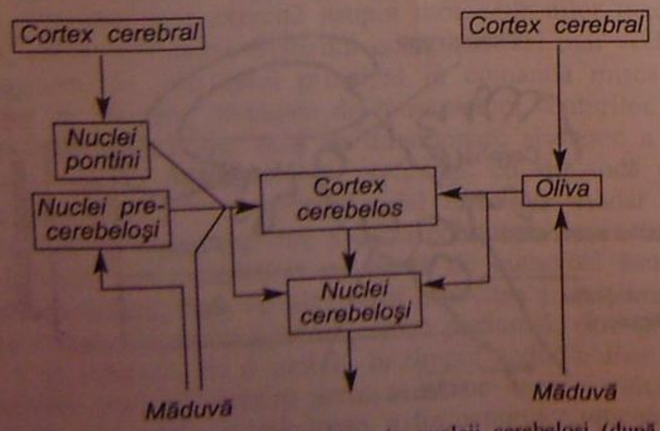


Fig. 9.2. – Aferenţe cerebeloase cu eferenţa prin nucleii cerebeloşi (după J. Rothwell).

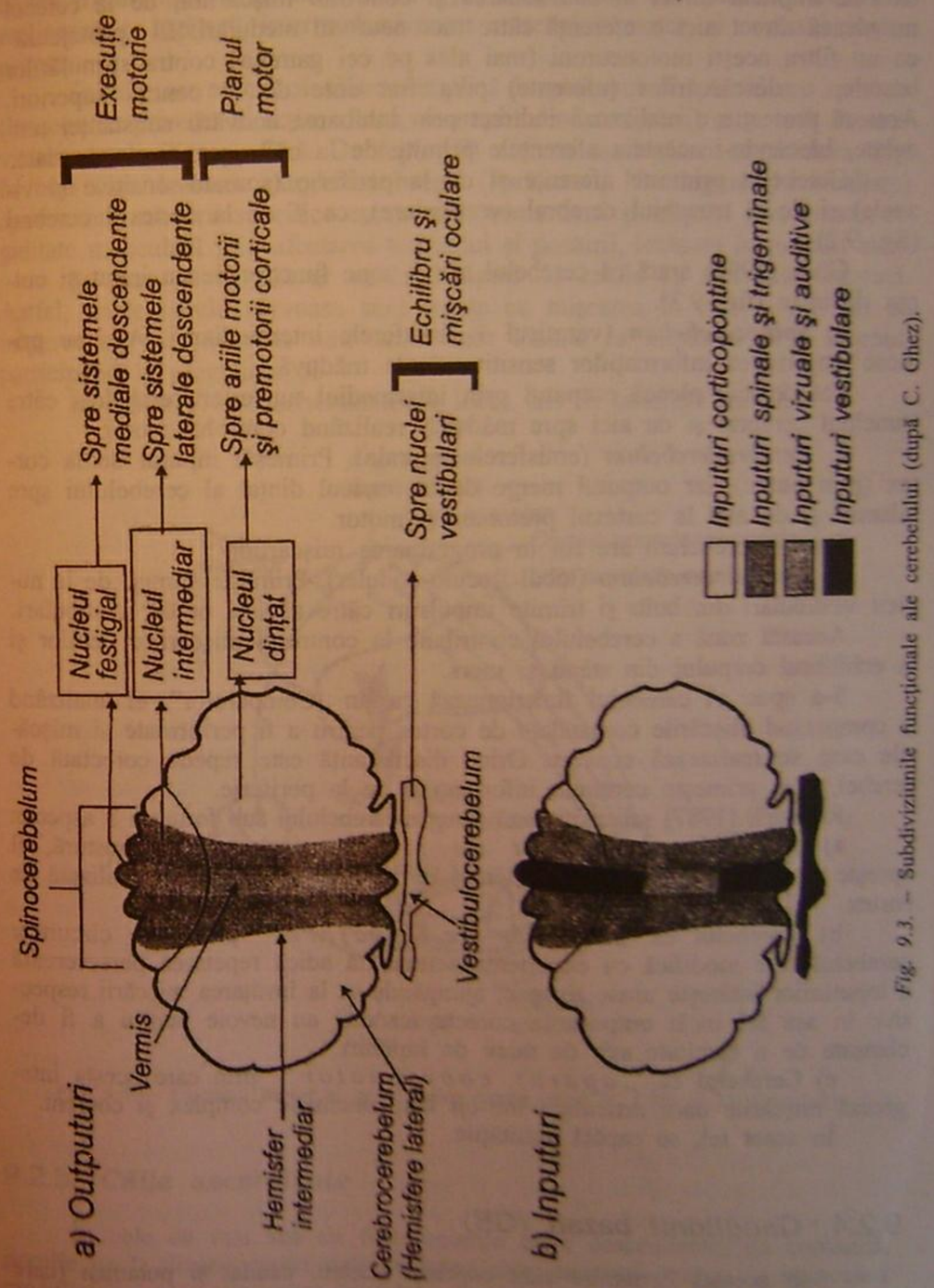


Fig. 9.3. – Subdiviziunile funcţionale ale cerebelului (după C. Ghez).

Nucleul vestibular primeşte inputuri de la cerebel şi de la labirint (organ al echilibrului).

– *Cele 2 tracturi reticulospinale*, care pornesc din formaţia reticulată, nu au organizare somatotopă, ele întinzându-se pe toată măduva.

Formaţia reticulată primeşte inputuri de la cortexul sensitiv, de la cerebel (nucleul fastigial), ca şi informaţii de la căile ascendente medulare.

– *Tractul tectospinal* ai cărui neuroni sunt în mezencefal realizează orientarea capului şi gâtului în funcţie de stimulii veniţi de la ochi.

În 1985 Kuypers creează o schemă funcţională sintetică asupra tracturilor descendente ale structurilor suprasegmentare. El consideră că există 3 mari căi descendente:

1. ***Tractul corticospinal încrucişat*** despre care s-a vorbit mai sus.

2. ***Calea grupului A*** localizată în partea ventro-medială a trunchiului cerebral, formată din tracturile vestibulospinal, reticulospinal şi tectospinal.

Activarea grupului A determină comenzile pentru suportul postural necesar mişcărilor direcţionate (cu scop precis), excitând muşchii sinergişti mai ales cei axiali şi proximali. Axonii acestui grup dau foarte multe colaterale implicând astfel foarte mulţi muşchi.

Tracturile acestui grup se plasează în partea ventrală şi ventromedială a măduvei.

3. ***Calea grupului B*** este formată din tracturile rubrospinal şi reticulospinal (ambele încrucişate) cu acţiune aproape specifică pe flexorii distali. În măduvă se plasează dorsolateral. Axonii lor dau puţine colaterale, merg nu numai pe motoneuronii medulari, ci şi pe neuronii intercalari.

9.2.3. *Cerebelul*

Este o staţie de modulare a mişcărilor extrem de importantă căci prin el trec stimulii proprioceptivi musculari, articulari şi cei de la exteroceptorii cutanaţi ca şi inputul vestibular şi sensorial. Cerebelul conţine peste jumătate

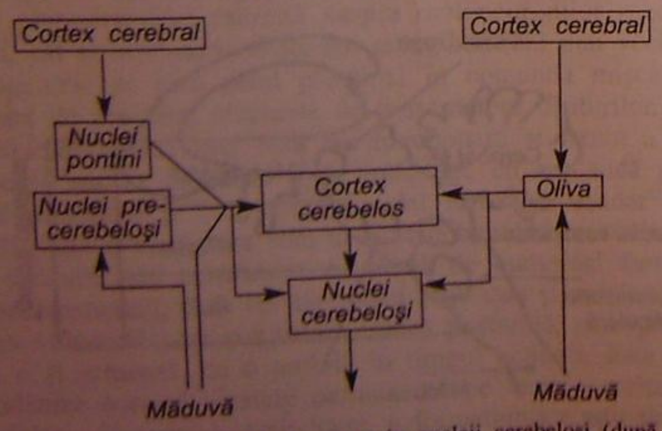


Fig. 9.2. – Aferenţe cerebeloase cu eferenţa prin nucleii cerebeloşi (după J. Rothwell).

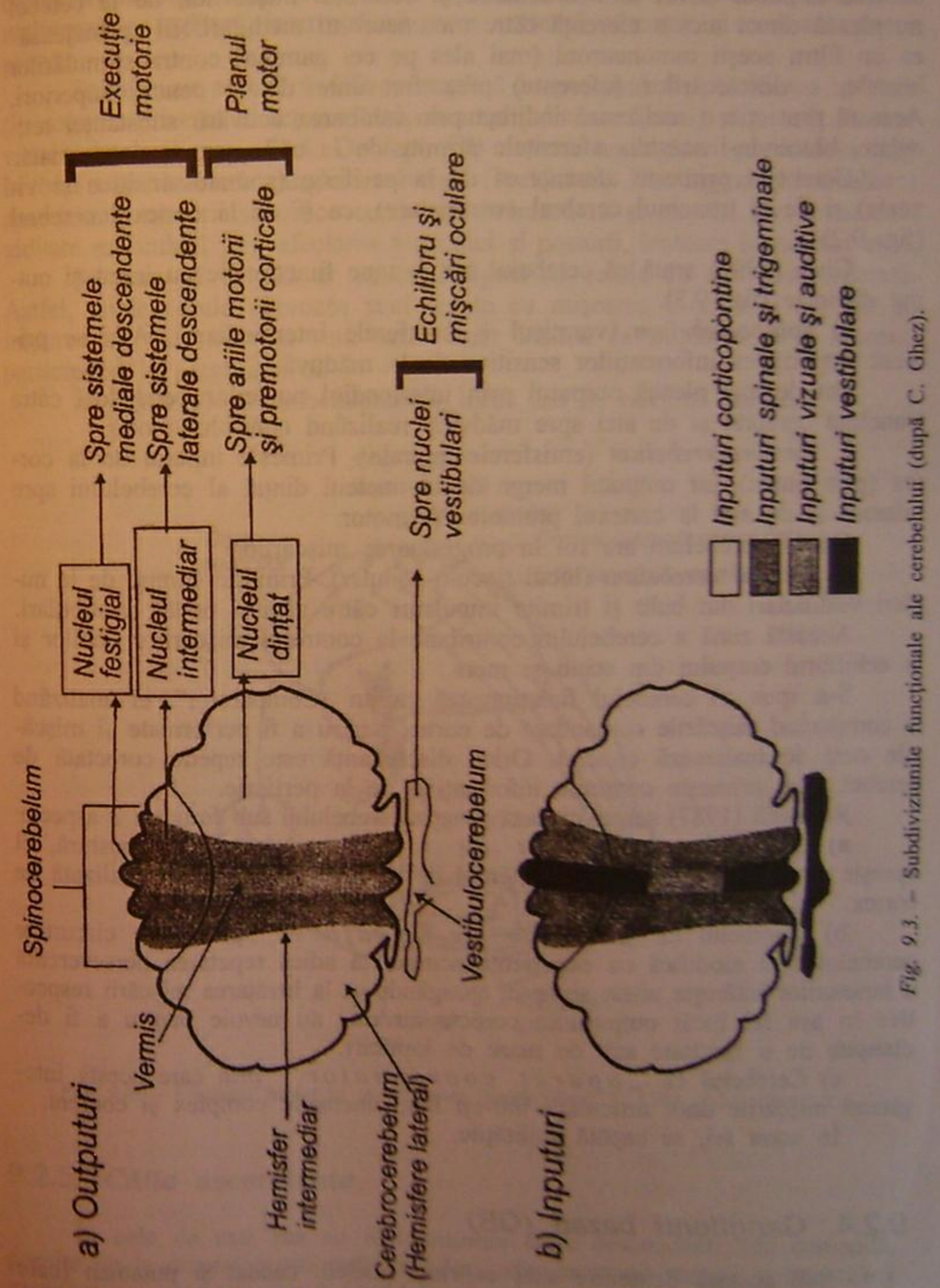


Fig. 9.3. – Subdiviziunile funcţionale ale cerebelului (după C. Ghez).

din neuronii creierului, dovadă a rolului important pe care îl are. Cu toate că este implicat direct în coordonarea şi controlul mişcărilor, de la cerebel nu pleacă direct nici o eferenţă către motoneuronii medulari. El „protejează" ca un filtru aceşti motoneuroni (mai ales pe cei gamma) contra stimulărilor brutale, a descărcărilor (eferente) prea frecvente de la centrii superiori. Această protecţie o realizează indirect prin inhibarea activării substanţei reticulate, blocându-i acesteia aferenţele primite de la căile sensitivo-senzoriale.

Cerebelul primeşte aferenţe şi de la periferie (somato-sensitive şi vizuale) şi de la trunchiul cerebral (vestibulare), ca şi de la cortexul cerebral (fig. 9.2).

Ghez (1991) arată că cerebelul are 3 zone funcţionale cu input şi output distincte (fig. 9.3).

1. ***Spinocerebelum*** (vermisul + emisferele intermediare). Aici se primesc majoritatea informaţiilor sensitive de la măduvă.

Tot de aici pleacă outputul prin intermediul nucleilor cerebeloşi către trunchiul cerebral şi de aici spre măduvă, realizând controlul motor.

2. ***Cerebrocerebelum*** (emisferele laterale). Primeşte inputul de la cortex (prin punte), iar outputul merge de la nucleul dinţat al cerebelului spre talamus şi de aici la cortexul premotor şi motor.

Cerebrocerebelum are rol în programarea mişcărilor.

3. ***Vestibulocerebelum*** (lobul floculo-nodular). Primeşte stimuli de la nucleii vestibulari din bulb şi trimite impulsuri către aceiaşi nuclei vestibulari.

Această zonă a cerebelului contribuie la controlul mişcărilor ochilor şi la echilibrul corpului din stând şi mers.

S-a spus că cerebelul funcţionează ca un „Comparator", el analizând şi comparând mişcările comandate de cortex pentru a fi performate şi mişcările care se realizează concret. Orice discrepanţă este repede corectată de cerebel, care primeşte continuu informaţiile de la periferie.

Rothwell (1987) schematizează funcţia cerebelului sub forma a 3 aspecte:

a) Cerebelul ca *„aparat de timp"* şi, în această postură, el opreşte o mişcare la locul şi momentul dorit, mişcare gândită şi realizată de cortex.

b) Cerebelul ca *„aparat de învăţare"* prin care circuitele cerebelului se modifică cu experienţa acumulată adică repetarea perseverentă a inputurilor întăreşte unele sinapse, ajungându-se la învăţarea mişcării respective în aşa fel încât outputurile corecte nu mai au nevoie pentru a fi declanşate de o cantitate atât de mare de inputuri.

c) Cerebelul ca *„aparat coordonator"* prin care acesta integrează mişcările unor articulaţii într-un lanţ cinematic complex şi coerent.

În acest fel, se capătă abilităţile.

9.2.4. *Ganglionii bazali (GB)*

Sub această denumire sunt cuprinşi nucleii: caudat şi putamen (care formează corpul striat), globus polidum, nucleii subtalamici şi substanţa nigra.

GB primesc cea mai mare parte a informaţiilor de la cortex şi tot spre cortex trimit majoritatea outputurilor (prin intermediul talamusului). Deci GB realizează o legătură intermediară între cortexul nemotor şi cortexul motor primar.

Studiile au arătat că GB se implică în procesul de planificare motorie (în ceea ce priveşte direcţia, viteza, şi amplitudinea mişcării) şi nu atât în activitatea detaliată musculară. De fapt, GB nici nu au legături cu măduva deşi în boli care lezează ganglionii bazali (Parkinson, Huntington, hemibalism) apar semne motorii specifice cunoscute (tremurături şi mişcări involuntare, rigiditate musculară prin afectarea tonusului şi posturii, lentoare în mişcări etc.).

Se pare că în GB ar exista 2 tipuri de celule cu activitate separată. Astfel, unele celule nervoase sunt legate cu mişcarea în curs şi nu atât cu iniţierea ei. Alţi neuroni sunt activi doar înainte ca mişcarea să fi început, participând la pregătirea ei.

În figura 9.4 se schematizează locul GB în circuitul motor.

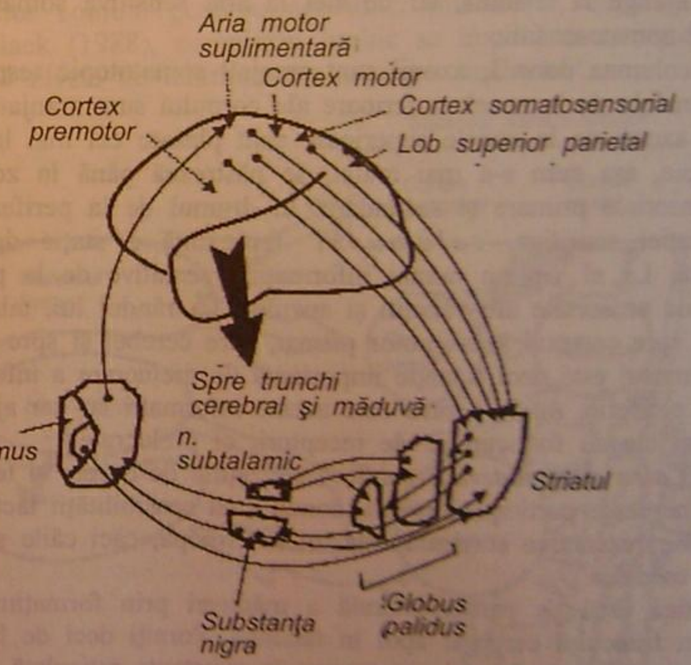


Fig. 9.4. – Circuitul motor al ganglionilor bazali (după L. Côté şi M. Crutcher).

9.2.5. *Căile ascendente*

În cele de mai sus au fost amintite căile descendente, de comandă, pornite de la diverşi centri supramedulari către neuronii motori şi intercalari medulari cei care vor activa în final efectorii mişcării (muşchii).

Este locul acum de a arunca o privire sumară asupra căilor ascendente care conduc informaţia spre centri.

S-a mai discutat deja că de la multitudinea de receptori sensitivi periferici (mecanoceptori, termoceptori, nociceptori, chenxoceptori, proprioceptori) pornesc aferenţe care intră în măduvă prin rădăcina posterioară. De la nivel medular, informaţia urcă spre centrii suprasegmentari prin căi preformate, căi ascendente, organizate în 2 coloane (columne): coloana lemniscului median sau columna dorsală şi coloana anterolaterală.

1. ***Calea lemniscului median (columna dorsală)*** conduce sensibilitatea proprioceptivă şi tactilă inclusiv senzaţia vibratorie. Venită de la periferie, această sensibilitate se încrucişează în măduvă la diverse nivele ajungând la nivelul creierului heterolateral faţă de zona periferică de unde a plecat excitaţia.

Columna dorsală (după poziţia avută la nivelul măduvei) străbate trunchiul cerebral (formând lemniscul median de unde calea îşi ia şi numele) pentru a ajunge la talamus, iar de aici la aria sensitivă somatică primară a cortexului somatosensitiv.

În columna dorsală, axonii sunt aranjaţi somatotopic respectiv cei care aduc semnalele de la zonele inferioare ale corpului sunt aranjate cel mai median, iar axonii de la zonele superioare sunt plasate cel mai lateral. Această somatotopie, aşa cum s-a mai arătat, se păstrează până în zonele corticale somatosensoriale primare şi secundare. În drumul de la periferie spre creier al informaţiei sensitive, *talamusul* reprezintă o staţie de o deosebită importanţă. La el vin nu numai informaţiile sensitive de la periferie, ci şi informaţiile sensoriale ale văzului şi auzului. La rândul lui, talamusul trimite outputuri spre cortexul sensomotor primar, spre cerebel şi spre ganglionii bazali. Talamusul este deci o staţie importantă de prelucrare a informaţiilor venite de la periferie, motiv pentru care aceste informaţii nu vor ajunge la creier exact cum ele au fost remise de receptori, ci prelucrate.

2. ***Calea anterolaterală*** conduce senzaţiile de durere şi temperatură dar are şi o oarecare participare pentru conducerea sensibilităţii tactile şi proprioceptive. Reprezentarea corticală este tot heterotopă, căci căile se încrucişează la nivel medular.

Calea urcă pe partea laterală a măduvei prin formaţiunea reticulară, ajunge în trunchiul cerebral apoi în talamus. Porniţi deci de la nivel medular, axonii căii anterolaterale se opresc în substanţa reticulată (tractul spinoreticular), în talamus (tractul spinotalamic) sau în mezencefal (tractul spinocervical).

Proiecţia căii anterolaterale din talamus se face pe neuroni separaţi faţă de cei care primesc proiecţia căii lemniscului median şi deci tipurile de sensibilitate rămân separate până ajung pe cortex în ariile somatosensitive unde interacţionează.

Căile ascendente furnizează materialul informativ care va influenţa comanda căilor descendente.

9.2.6. *Sistemul limbic*

Sistemul sau „complexul" limbic este incontestabil partea cea mai nebuloasă a SNC atât ca definire anatomo-structurală, cât şi funcţional. Importanţa lui este însă atât de mare, încât Brooks împarte creierul în „creier limbic" şi „creier nelimbic sensorio-motor", specificând în acelaşi timp că această clasificare este doar funcţională căci anatomic nu se pot determina graniţe.

Conexiunile între sistemul limbic şi nelimbic sunt arătate în figura 9.5.

Fără a fi foarte exact, se descrie ca făcând parte din sistemul limbic: cortexul orbitofrontal, hipocampul, girusul parahipocampic, girusul cingulae, girusul dinţat, corpul amigdaloid, aria septată, hipotalamusul, unii nuclei ai talamusului precum şi o serie de bandelete, strii şi fascicule dintre diversele părţi componente.

Multitudinea funcţiunilor umane în care sistemul limbic este implicat are un factor comun: „comportamentul". Într-adevăr, după cum consideră Strub şi Black (1988), complexul limbic se implică (nu singur desigur) în toate cele 4 nivele de ierarhizare a „comportamentului".

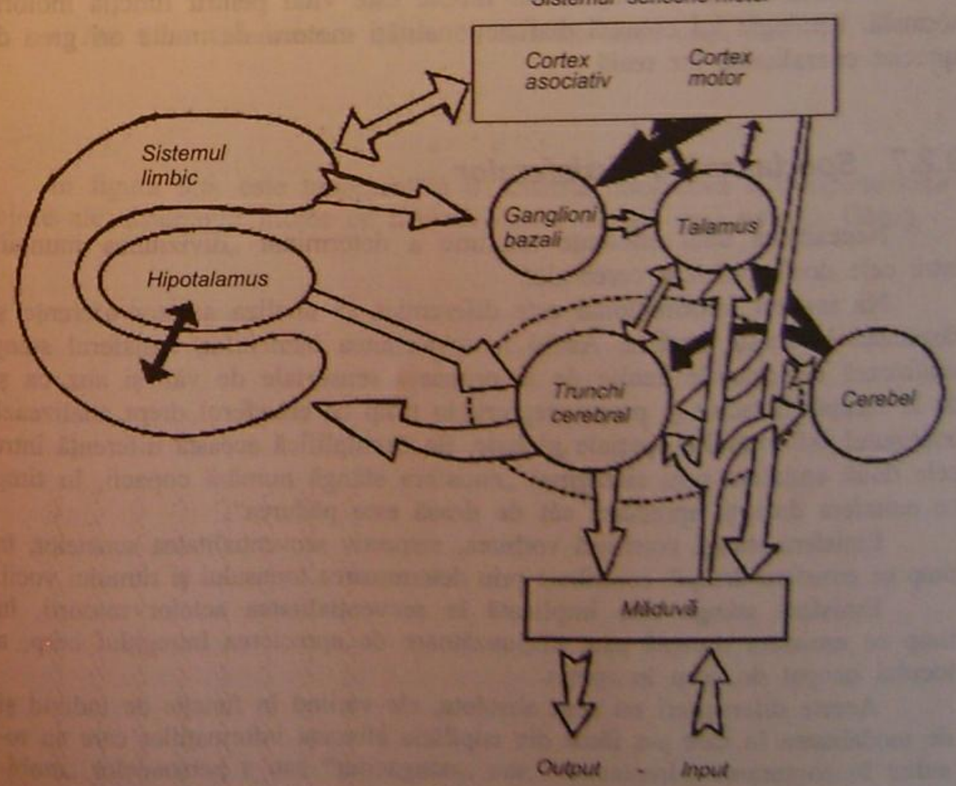


Fig. 9.5. – Interacţiuni între sistemul limbic şi nonlimbic (după D.A. Umphred).

– Nivelul 1: starea de alertare asupra mediului extern şi intern;

– Nivelul 2: conducerile subconştientului şi instinctele înnăscute (foame, sete, reglare temperatură, sexualitate, învăţare-memorare etc.);

– Nivelul 3: conceptualizări abstracte verbale sau ale entităţilor cantitative;

– Nivelul 4: expresii ale vieţii sociale, personalitate, stil de viaţă, opinii etc.

În contextul problemelor de care se ocupă această monografie, sistemul limbic are un rol deosebit de important de la „ideea" până la „execuţia" mişcării căci el se implică prioritar în motivaţia mişcării în învăţarea ei şi, evident, în realizare.

Motivaţia înseamnă pentru sistemul limbic faptul că „simte care este nevoia de acţiune", iar procesul de învăţare şi execuţie înseamnă „a învăţa ce faci şi a face numai ce ai învăţat" (Brooks).

Sistemul limbic este implicat în activitatea motorie şi în programarea şi strategia mişcării până în cele mai mici rafinamente ale ei (coordonare, secvenţialitate, intensitate, timp etc.). Cu alte cuvinte, după ce s-a declanşat „ce trebuie făcut" „ce"-ul se schimbă în „cum" şi „când".

În rezumat, rolul complexului limbic este vital pentru funcţia motorie normală. Patologia lui creează disfuncţionalităţi motorii de multe ori greu de apreciat cauzalitatea lor reală.

9.2.7. *Specializarea emisferelor*

Necesitatea unei eficienţe maxime a determinat „diviziunea muncii" între cele două emisfere cerebrale.

Nu inputul informaţional este diferenţiat, ci analiza acestor aferenţe şi răspunsul la aceste analize. Astfel la majoritatea oamenilor, emisferul stâng analizează informaţiile venite de la organele sensoriale de văz şi auz ca şi de la receptorii tactili şi proprioceptori, în timp ce emisferul drept analizează conţinutul informaţiilor spaţiale globale. Se exemplifică această diferenţă între cele două emisfere prin sintagma: „emisfera stângă numără copacii, în timp ce emisfera dreaptă apreciază cât de deasă este pădurea".

Emisfera stângă comandă vorbirea, respectiv secvenţialitatea sunetelor, în timp ce emisfera dreaptă contribuie prin determinarea tonusului şi ritmului vocii.

Emisfera stângă este implicată în secvenţialitatea actelor motorii, în timp ce emisfera dreaptă este răspunzătoare de aprecierea întregului corp, a locului ocupat de corp în spaţiu.

Aceste diferenţieri nu sunt absolute, ele variind în funcţie de individ şi de modalitatea în care s-a făcut din copilărie aferenţa informaţiilor care au rezultat în conturarea „dreptacilor" sau „stângacilor" sau a persoanelor „ambidextre".

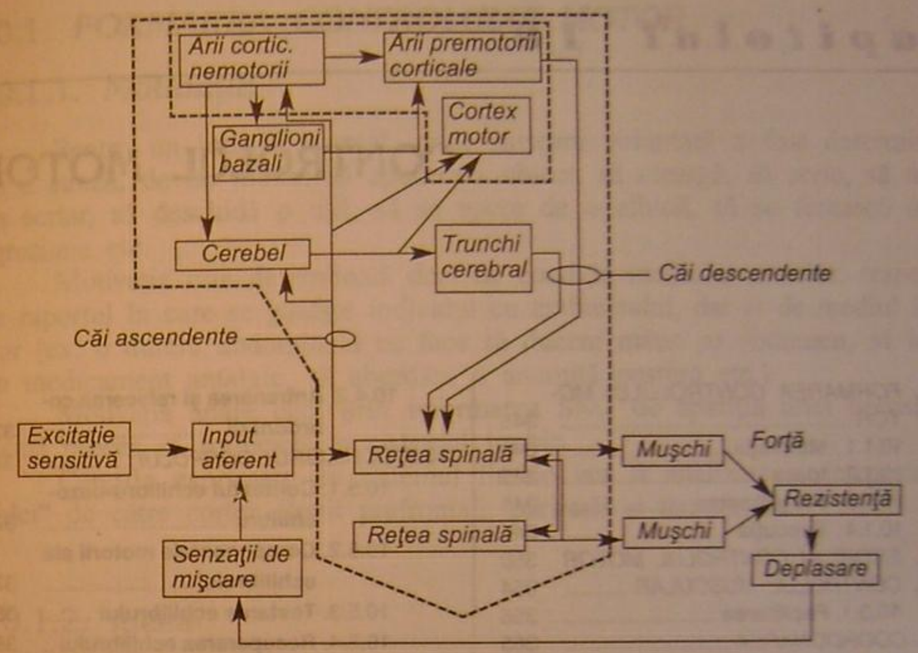


Fig. 9.6. – Componentele majore ale sistemului motor (după C. Ghez).

*
* *

În figura 9.6. este reprezentată o schemă integrativă a componentelor majore ale sistemului motor ce rezumă datele expuse mai sus (C. Ghez).

Capitolul 10

CONTROLUL MOTOR

10.1. *FORMAREA CONTROLULUI MOTOR* 345
10.1.1. **Motivaţia** 345
10.1.2. **Ideea** 345
10.1.3. **Programarea** 345
10.1.4. **Execuţia** 346
10.2. *ERORI ÎN CONTROLUL MOTOR* 350
10.3. *CONTROLUL MUSCULAR* 354
10.3.1. **Facilitarea** 356
10.4. *COORDONAREA* 365
10.4.1. **Incoordonarea** 369
10.4.2. **Antrenarea şi refacerea coordonării** 370
10.5. *ECHILIBRUL CORPULUI* 374
10.5.1. **Contextul echilibru-dezechilibru** 375
10.5.2. **Componentele motorii ale echilibrului** 379
10.5.3. **Testarea echilibrului** 383
10.5.4. **Recuperarea echilibrului** .. 386
10.6. *REFLEXE ŞI REACŢII MOTORII* ... 390

Prin „controlul motor" înţelegem modalitatea în care se reglează mişcarea şi se fac ajustările dinamice posturale.

Strâns legată de această noţiune este şi cea a modalităţii în care „se învaţă" şi se „dezvoltă" comportamentul motor.

Pentru specialistul în terapie fizică şi terapie ocupaţională, aceste noţiuni sunt fundamentale atât pentru a putea evalua deficitele motorii şi de postură ale pacientului, a le înţelege mecanismele, cât şi pentru a elabora şi realiza un program de recuperare a acestor deficite.

Controlul motor reprezintă de fapt controlul creierului asupra activităţii specifice musculare voluntare (conştiente). Mişcările automate care practic nu sunt conştientizate (ex. mişcările respiratorii, mersul etc.) reprezintă de fapt rezultatul celui mai elaborat control motor. Mişcările automate prezentând cea mai perfectă coordonare. Controlul motor cere concentrare, motiv pentru care nu putem monitoriza concomitent decât puţine mişcări.

O mişcare oarecare – de exemplu, ducerea mâinii la gură – pare simplă, respectiv flexia antebraţului cu flexia – adducţia braţului. De fapt, ea se produce cu concomitenţa unei multitudini de acţiuni secundare dar obligatorii care realizează postura, stabilizarea, echilibrul, poziţionarea prin antrenarea sinergiştilor, muşchilor de fixaţie – posturală, antagoniştilor etc.

Producerea unei mişcări voluntare comportă, schematic, patru momente principale: motivaţia – ideea – programarea – execuţia.

10.1. *FORMAREA CONTROLULUI MOTOR*

10.1.1. *Motivaţia*

Pentru un individ normal, orice mişcare voluntară a fost determinată de o cauză, de un motiv: să apuce un obiect, să meargă, să scrie, să tragă un sertar, să deschidă o uşă, să se apere de o albină, să se ferească de o agresiune etc.

Motivaţia este determinată deci de condiţia mediului exterior, respectiv de raportul în care se găseşte individul cu ambientalul, dar şi de mediul interior (ex. o durere abdominală ne face să ducem mâna pe abdomen, să luăm un medicament antalgic, să abordăm o anumită postură etc.).

Motivaţia apare deci prin informarea SNC de apariţia unei necesităţi. Acest proces se formează în sistemul limbic.

Cererile exprimate de sistemul limbic vor fi analizate şi integrate în „idei" de către cortex (lobii prefrontali, parietali şi temporali).

10.1.2. *Ideea*

Pe baza întregii „argumentaţii" furnizată de sistemul limbic cortexului, care motivează deci necesitatea unei (unor) mişcări, sistemul sensomotor hotărăşte asupra oportunităţii acestei necesităţi şi naşte „ideea" de a realiza mişcarea iniţiind pentru aceasta o serie de interacţiuni suprasegmentare care se finalizează într-o „comandă" de executare a mişcării (Brooks, 1986; Rothwell, 1987).

Trebuie să remarcăm că, teoretic, „ideea" unei mişcări se poate naşte şi în afara unei motivaţii venite de la mediul extern sau intern. Ea se poate naşte spontan şi să fie executată (sau nu) în funcţie de hotărârea voliţională a individului, dar această mişcare rămâne fără scop. Spre exemplu, „mă hotărăsc să ridic mâna în sus fără motiv, fără scop".

Ideea – odată apărută – proiectează în cortexul sensomotor, cerebel, parţial în ganglionii bazali şi nucleii subcorticali asociativi, necesitatea formării unui „program" pe baza căruia să se performeze mişcarea.

10.1.3. *Programarea*

Numim sau considerăm „programare" conversia unei idei într-o schemă de activitate musculară necesară realizării unei activităţi fizice dorite.

În programul unei mişcări sunt cuprinşi toţi parametrii necesari: muşchii care vor intra în acţiune, mărimea forţei dezvoltate, amplitudinea mişcării, durata ei etc.

Programarea mişcărilor este realizată de cortexul motor, cortexul premotor, cerebel şi ganglionii bazali. Majoritatea neuronilor motori sunt desi-

gur în cortexul motor celelalte structuri de mai sus influenţează însă neuronii motori prin intermediul trunchiului cerebral.

Programarea mişcării sau „comanda centrală" este transmisă prin căile motorii descendente (piramidale şi extrapiramidale) spre măduvă către motoneuronii medulari pentru execuţie. Acest „program" însă (comanda centrală) este retransmis şi îndărăt spre centrii suprasegmentari care l-au creat. Această retransmitere – care se numeşte „descărcare corolară" *(corollary discharge)* este deosebit de importantă, căci ea rămâne în centrii respectivi ca un element concret de referire pe baza căruia SNC va putea interpreta corect semnalele aferente venite de la periferie pentru ajustarea permanentă a parametrilor mişcării cuprinşi în programul iniţial al mişcării.

10.1.4. *Execuţia*

Comanda centrală cu programul mişcării activează neuronii motori medulari necesari excitării musculaturii cuprinse în program adică atât motoneuronii care determină mişcarea, cât şi pe cei care determină postura necesară realizării mişcării.

Teoretic, se poate considera că există o variaţie enormă a posibilităţilor secvenţiale de activare a unităţilor motorii care s-ar implica într-un anumit tip de mişcare, totuşi, s-a constatat că mişcarea se realizează pe baza unor secvenţe stereotipe de la măduvă spre muşchi având o specificitate clară şi mereu aceeaşi. Acest comportament specific al transmiterii comenzii măduvă-muşchi pentru o mişcare dată a fost numit *„program motor"*.

Programul motor este intuit ca fiind rezultatul interacţiunii dintre activitatea de programare a centrilor suprasegmentari, reţelele neuronale medulare şi feedbackul aferent.

„Execuţia" mişcării determină prin ea însăşi o cantitate enormă informaţională aferentă prin feedback plecată de la receptorii sensitivi (fus muscular, tendon, articulaţie, mecanoceptori, exteroceptori etc.) către segmentul medular respectiv şi de aici către centrii suprasegmentari. Pe baza acestor informaţii (ca şi a celor sensoriale-vizuale şi vestibulare), „execuţia" se perfecţionează, se corectează, se adaptează continuu la condiţiile şi necesităţile concrete în care trebuie să se realizeze mişcarea.

Această continuă interrelaţie input-output pentru o mişcare dată şi care se repetă cu o anumită frecvenţă sfârşeşte prin a realiza o „învăţare" a reţelei neuronale, care devine mai economică, în sensul că activarea ei se face mai rapid, pe un minim de input. Ca şi cum „calea ar fi bătătorită", iar execuţia se realizează imediat la cei mai adecvaţi parametri. Este una din căile prin care se naşte abilitatea.

Dar şi reţelele neuronale suprasegmentare sunt capabile să genereze prin „învăţare" scheme comportamentale ale outputurilor motorii chiar în absenţa inputurilor sensoriale. În acest caz, aceste reţele sunt considerate *„generatori de scheme centrale"*. O schemă generală a componentelor sistemului motor poate fi urmărită în figura 10.1.

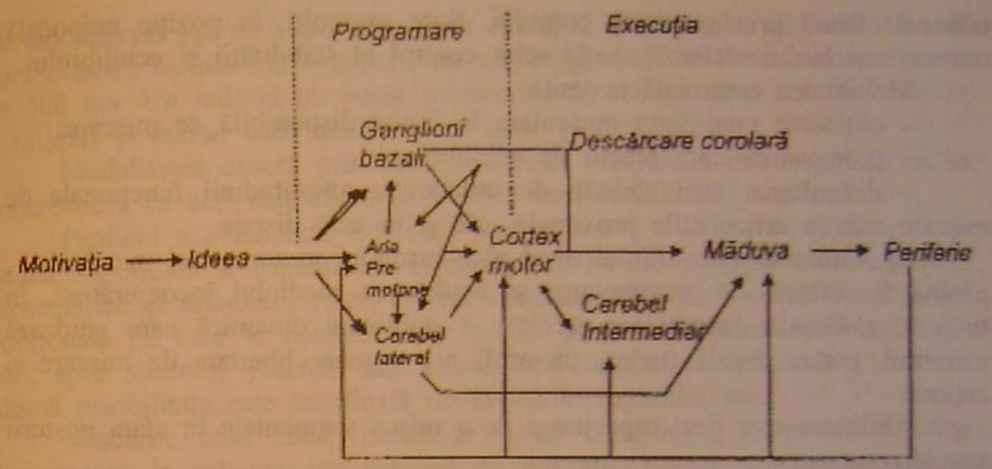


Fig. 10.1. – Interacţiunea neurală majoră şi performarea mişcării (după P. D. Cheney).

Controlul motor se dezvoltă de la naştere în 4 etape: mobilitate, stabilitate, mobilitate controlată şi abilitate. De altfel, tot prin aceste etape trece şi pacientul cu deficit motor care urmează un program de recuperare. Iată etapele controlului motor.

a) ***Mobilitatea.*** Prin acest termen înţelegem abilitatea de a iniţia o mişcare, ca şi de a executa mişcarea pe toată amplitudinea ei fiziologică. Deficitul de mobilitate poate avea drept cauze hipertonia (spasticitatea), hipotonia, dezechilibrul tonic, redoarea articulară sau periarticulară.

Reeducarea mobilităţii va implica deci fie recâştigarea amplitudinii articulare, fie a forţei musculare (cel puţin până la o anumită valoare), fie refacerea ambelor.

b) ***Stabilitatea*** este capacitatea de a menţine posturile gravitaţionale şi antigravitaţionale, ca şi poziţiile mediane ale corpului. Poate fi definită ca posibilitatea realizării unei contracţii normale simultane a muşchilor din jurul articulaţiei (cocontracţie). De fapt, stabilitatea este realizată prin două procese:

– integritatea reflexelor tonice posturale de a menţine o contracţie în zona de scurtare a muşchiului contra gravitaţiei sau contra unei rezistenţe manuale aplicate de către kinetoterapeut;

– cocontracţia, adică contracţia simultană a muşchilor din jurul unei articulaţii, ceea ce creează stabilitatea în posturile de încărcare şi face posibilă menţinerea corpului în poziţie dreaptă.

c) ***Mobilitatea controlată*** reprezintă abilitatea de a executa mişcări în timpul oricărei posturi de încărcare prin greutatea corpului cu segmentele distale fixate sau de a rota capul şi trunchiul în jurul axului longitudinal în timpul acestor posturi.

Un stadiu intermediar este aşa-zisa „activitate statie-dinamică", în care porţiunea proximală a unui segment se roteză, în timp ce porţiunea lui dis-

tală este fixată prin greutatea corpului. Spre exemplu, în poziţie unipodală rotarea trunchiului reclamă un deosebit control al stabilităţii şi echilibrului.

Mobilitatea controlată necesită:

– obţinerea unei forţe musculare la limita disponibilă de mişcare;

– promovarea unor reacţii de echilibru;

– dezvoltarea unei abilităţi de utilizare a amplitudinii funcţionale de mişcare atât în articulaţiile proximale, cât şi în cele distale.

d) ***Abilitatea*** este ultimul nivel al controlului motor – cel mai înalt –, putând fi definită ca „manipularea şi explorarea mediului înconjurător". În timp ce rădăcinile membrelor prezintă o stabilitate dinamică care ghidează membrul, partea distală (mâna, piciorul) are o mare libertate de mişcare şi acţiune.

Abilitatea este deci capacitatea de a mişca segmentele în afara posturii sau locomoţiei.

Membrul superior, în special, este segmentul cu cele mai mari necesităţi de abilitate, dar despre abilitate se vorbeşte şi în cazul celorlalte segmente.

*
* *

Controlul motor a fost asemuit cu ce se întâmplă când ne suim în maşină pentru a ne deplasa undeva. Maşina este pregătită cu tot ce trebuie pentru a fi pornită (benzină, ulei, reglaj etc.). Pentru ca motorul să fie pus în mişcare este necesar un mecanism de iniţiere, de declanşare, a mişcării motorului (delco). Acest rol în creier îl joacă ganglionii bazali şi lobul motor frontal. Dar mecanismul de declanşare nu porneşte singur, ci doar dacă i se dă startul, ceea ce se face prin cheia întoarsă în contact la dorinţa şoferului, adică prin motivaţia lui de a porni motorul. Această funcţie o are sistemul limbic în creier. Odată pornit motorul, maşina este gata să plece. Cum? Înainte, înapoi, în viteza I, lent sau brusc etc.

Alegerea acestor parametri se face în funcţie de experienţa acumulată, dar pot fi şi total noi (cel puţin unii dintre ei). Alegerea este făcută de cortex pe baza unei scheme care este transmisă motorului. Acesta (cortexul motor), primind schema, programează toate componentele maşinii să se acorde la schema propusă (mişcarea pistoanelor, învârtirea axului cardanic, rularea roţilor etc.). Pe parcursul drumului, schema se schimbă în funcţie de cerinţele lui şi ale şoferului care comunică noi modificări în schema de funcţionare a motorului care programează noi aspecte de execuţie adaptate necesităţilor exterioare sau interioare (în cazul unui comportament normal atât al şoferului cât şi al maşinii).

Desigur că aceste similitudini între SNC şi maşină nu pot decât să dea o schematică exemplificare asupra extrem de complexului mecanism al controlului motor.

Realizarea unei mişcări, după cum s-a văzut, are un circuit neuronal extrem de complex care devine aproape inexplicabil cum se poate realiza

într-un interval aşa de scurt. Aşa, spre exemplu, s-a calculat că pentru o singură mişcare simplă (nu o acţiune cu scop) „gândită" ar fi necesar un minim de 300 ms. Un individ nu poate monitoriza în acelaşi timp mai mult de 2-3 mişcări şi numai dacă acestea sunt lente şi fără efort.

Modalitatea exactă prin care conştiinţa voliţională este capabilă să se concretizeze în activitate motorie nu este încă satisfăcător explicată.

Penfield a considerat existenţa unui *sistem „centrencefalic"* în partea superioară a trunchiului cerebral, cuprinzând porţiuni mezencefalice, diencefalice şi talamice. Acest sistem centrencefalic ar fi sursa impulsurilor voliţionale pe care le conduce spre cortex şi de aici, prin centrii subcorticali, spre sistemul efector, sau direct, fără implicarea cortexului. Această ultimă posibilitate este justificată de mişcările sugarului mic.

Mişcările unui adult, oricât ar fi de complicate, ar putea fi totuşi descompuse în grupaje sau scheme de mişcare. Aceste scheme sau tipare motorii sunt, desigur, repetate de milioane de ori de la formarea lor din copilărie, devenind din ce în ce mai precise şi automatizate – mersul este un exemplu elocvent în această privinţă.

Aceste scheme se formează pe baza sistemului „încercări şi erori", adică pe baza învăţării din greşeli. S-a dovedit că rezultatul acestor „învăţăminte" se memorizează în aria sensitivo-sensorială, sub forma *„engramelor senzitivo-senzoriale ale mişcărilor motorii"*. Când dorim să executăm un act motor (voliţional), se face apel direct sau prin intermediul cortexului la engrama respectivă. Se ştie, de altfel, că aria corticală sensitivă somatică şi ariile corticale motorii sunt într-o relaţie anatomică strânsă – practic se întrepătrund.

Engrama sensitivă se formează şi se perfectează în special printr-un feed-back proprioceptiv, care realizează un servomecanism. Un exemplu practic: utilizând cuţitul când tăiem ceva în farfurie, primim continuu semnale proprioceptive de la degete – mână – antebraţ – braţ, care sunt comparate cu engrama memorizată deja, mişcarea noastră fiind continuu corectată prin jocul diverselor grupe musculare.

Aşadar, activitatea sistemului muscular „urmează" pas cu pas schema localizată în aria sensitivă, ceea ce înseamnă că lucrează ca un servomecanism.

Cel mai rapid control (adică recunoaşterea greşelilor şi corectarea lor) îl realizează engrama proprioceptivă. Există engrame controlate senzorial de văz sau auz, dar mişcarea realizată este mult mai lentă, căci feedback-ul senzorial este mult mai lent decât feedback-ul sensitiv proprioceptiv.

Există o dovadă experimentală incontestabilă a existenţei „engramelor sensitivo-senzoriale ale mişcărilor motorii". Ablaţia unor mici zone din cortexul motor la maimuţe nu împiedică performarea unei anumite activităţi, căci eventual alţi muşchi o suplinesc; în schimb, ablaţia zonei sensitive corespunzătoare face respectiva activitate imposibilă.

Utilizarea engramelor sensitivo-senzoriale pentru actul motor nu poate explica însă activităţile foarte rapide, abilităţile deosebite, cum ar fi bătutul

la maşina de scris, cântatul la pian sau vioară etc. Timpul este mult prea scurt pentru a considera întreg circuitul. De aceea, se consideră că, în cazul abilităţilor, controlul mişcărilor musculare foarte rapide se face chiar în sistemul motor, în aria corticală premotorie, în ganglionii bazali sau chiar în cerebel. Lezarea oricăreia dintre aceste zone distruge abilitatea actului motor.

Se poate vorbi deci de *„engrame motorii"* care au fost denumite „scheme ale funcţiei motorii de abilitate", care controlează mişcările pe aceleaşi principii ca şi engramele sensitivo-senzoriale. Informaţia de la periferie este condusă direct în sistemul motor. Erorile înregistrate sunt comparate cu engrama motorie şi corectate.

Engramele – atât cele sensitivo-senzoriale, cât şi cele motorii – se formează în copilărie prin controlul voliţional şi se perfecţionează continuu prin repetiţie. Cu cât engramele sunt mai bine fixate, cu atât activităţile musculare capătă viteză de execuţie, intensitate şi complexitate. În fond, engramele nu numai că vor realiza mişcările dorite, dar vor inhiba şi sinapsele care nu este necesar să intre în schema mişcărilor dorite. Acest proces de inhibiţie a tot ceea ce ar putea parazita mişcarea precisă împiedică iradierea impulsului în afara căii activate. Aceasta realizează „coordonarea" de care se va vorbi într-un alt capitol. Karel Bobath spunea, pe bună dreptate: „Fiecare engramă motorie este o cale de excitaţie înconjurată de un zid de inhibiţie".

Mişcarea voluntară se desfăşoară deci pe baza unui program preexistent, contribuţia voliţională având rol de iniţiere, susţinere şi oprire a activităţii.

Kinetoterapia are de „învăţat" din ideea engramelor principiul repetiţiei, ca principiu de bază al obţinerii unei bune coordonări.

10.2. *Erori în controlul motor*

În controlul motor al unui individ apar în diverse ocazii inadvertenţe între comportamentul motor intenţionat şi comportamentul motor realizat. Într-o astfel de situaţie s-a strecurat undeva pe complicatele căi ale acestui control o eroare (sau mai multe). Nu este vorba numai de stări patologice, de boli ale sistemului nervos, ci de indivizi sănătoşi care „greşesc" undeva comenzile, interrelaţiile sau execuţia.

Există mai multe feluri de erori. Vom prezenta câteva dintre ele:

1. ***Selectarea greşită a strategiei mişcării.*** Să presupunem că stăm în picioare, neatenţi la ce este în jur (concentraţi pe o problemă oarecare) şi cineva brusc ne îmbrânceşte puternic. În aceste condiţii, SNC selectează rapid un program motor de redresare a corpului. Dacă persoana cade, se poate considera că selecţia strategică a schemei de redresare a fost greşită.

2. ***Selectare corectă de program dar utilizare inadecvată a parametrilor.*** Ridicăm de pe masă un obiect. Experienţa face ca să alegem pentru această acţiune o anumită strategie raportată la aspectul obiectivului (ex. aprecierea

greutăţii lui comandă punerea în schemă a unei anumite forţe necesare ridicării de pe masă). Obiectul însă este mult mai uşor decât ne-am aşteptat, motiv pentru care ne trezim că mâna ne este aruncată în sus în aer cu o amplitudine care nu era prevăzută în strategia comandată pentru ridicarea obiectului de pe masă. Invers, dacă obiectul era mai greu decât apreciasem iniţial.

3. ***Factori neprevăzuţi*** pot perturba executarea programului unei acţiuni. Să presupunem că în cadrul unui antrenament mergem pe o bandă rulantă. Programul este corect, ne adaptăm mersul foarte bine. La un moment dat, ieşim de pe bandă păşind alături pe pardosea (suprafaţă staţionară). Primii paşi vor fi dezechilibraţi (putem chiar cădea), mersul nu-şi mai păstrează programul corect. Revenim la un mers normal după câţiva paşi. Explicaţia: strategia de mers pe bandă rulantă nu se mai potriveşte cu cea necesară mersului pe sol.

4. ***Erorile în selecţia programelor,*** în selecţia parametrilor necesari, ca şi erori în execuţia mişcărilor, sunt bineînţeles cauzate de boli ale sistemului nervos. De aceea examenul clinic al oricărui pacient cu afecţiune neurologică include analiza tipurilor acestor erori ale controlului motor.

Un lucru este extrem de important de reţinut mai ales de cei care se ocupă cu asistenţa de recuperare. Erorile sunt evaluate chiar de SNC şi sunt stocate în memoria experienţelor acumulate. Deci erorile în controlul motor constituie material „didactic", de învăţare pentru creier, pentru a corecta viitoarele programe de acţiune în condiţii similare adică pentru a face acordul între actul motor intenţionat şi comportamentul motor realizat. Repetiţia este un procedeu general al învăţării, fapt care explică baza procedeelor kinetice de recuperare în diverse deficite ale controlului motor.

Deficienţele controlului motor creează alte scheme de mişcare a căror eficienţă poate fi judecată din punct de vedere neurologic, biomecanic şi metabolic. În anumite situaţii se creează programe adaptative, teoretic temporare, dar care se pot permanentiza dacă nu intervenim la timp.

Un exemplu: mersul cu ajutorul cadrului de mers sau al cârjelor (indiferent din ce motiv), necesar la un moment dat, determină alterări ale mersului normal, ale posturii şi echilibrului ca şi costuri mai mari energetice. Prelungirea lui va stabili relaţii puternice neurologice şi biomecanice alterate care cu greu vor putea fi corectate.

*
* *

Aşadar, „controlul motor" exprimă modalitatea în care etajele nervoase supramedulare comandă şi monitorizează mişcarea şi, în acelaşi timp, cum mediul extern prin intermediul periferiei influenţează deciziile etajelor superioare.

Controlul motor se realizează în cadrul circuitului sensitiv-motor ce se stabileşte între periferie-creier-muşchi. În fig. 10.2 este schiţat acest circuit cu principalele lui staţii:

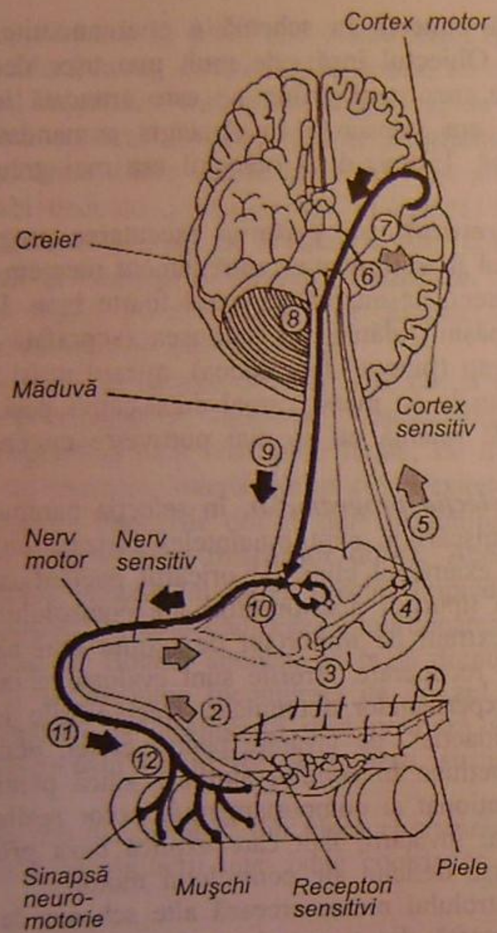


Fig. 10.2. – Circuitul sensitivo-motor al controlului motor.

1. Receptorii periferici transmit informaţia din mediu.
2. Informaţia călătoreşte prin nervul sensitiv spre măduvă.
3. În măduvă se face legătura (sinapsa) între nervul sensitiv de la periferie cu neuronii sensitivi medulari formând căi sensitive.
4. Căile sensitive se încrucişează trecând contralateral.
5. Căile sensitive urcă spre talamus.
6. În talamus se realizează sinapse cu căile sensitive care conduc spre cortexul senzitiv (cerebel etc.).
7. Cortexul sensitiv primind informaţia generează semnal pentru cortexul motor.
8. Comanda motorie porneşte contralateral spre baza creierului.
9. Semnalul motor este condus prin căi motorii medulare spre motoneuronii medulari.

10. Sinapsa conectează calea motorie descendentă cu motoneuronul medular.
11. De la motoneuron porneşte eferenţa motorie.
12. La nivelul sinapsei neuromotorii este transmis semnalul motor către muşchi.

Desigur că cele 12 staţii de mai sus exprimă simplist mecanismul extrem de complex al controlului motor, dar punctează momentele esenţiale ale acestui mecanism.

Controlul motor, aşa cum arătam mai înainte, se dezvoltă în etape de la naştere pe măsura maturizării sistemului nervos al copilului. Există 4 etape.

1. ***Mobilitatea*** = abilitatea de a iniţia şi executa o mişcare pe toată amplitudinea ei fiziologică;

2. ***Stabilitatea*** = capacitatea de a menţine posturile gravitaţionale şi antigravitaţionale ca şi poziţiile mediane ale corpului. Ea se realizează prin reflexele tonice posturale ca şi prin procesul de cocontracţie (vezi capitolul despre kinetică);

3. ***Mobilitatea controlată*** = capacitatea de a executa mişcări în timpul oricărei posturi de încărcare prin greutatea corporală cu segmentele distale fixate (ceea ce francezii denumesc „kinetică în lanţ închis"). Ca o completare la definirea mobilităţii controlate este şi capacitatea de a rota capul şi corpul în jurul axului longitudinal în timpul ortostatismului şi mersului.

Mobilizarea segmentelor şi a corpului, când segmentele distale sunt fixate, este deseori denumită „activitate stato-dinamică". Mobilitatea controlată este o etapă importantă în dezvoltarea controlului motor. Ea necesită forţă musculară adecvată, un bun echilibru ca şi o coordonare perfectă a activităţii tonice cu cea voluntară.

4. ***Abilitatea*** = capacitatea de a manipula şi explora mediul înconjurător, segmentul distal al membrelor fiind libere (ceea ce francezii denumesc „kinetică în lanţ deschis"). Deci abilitatea este aptitudinea de a mişca segmentele în afara posturii sau locomoţiei.

Într-o serie de stări patologice (în special neurologice) se pot pierde unele, sau toate, din aceste 4 componente ale controlului motor. Medicul recuperator şi kinetoterapeutul trebuie să evalueze la ce etapă a dezvoltării controlului motor s-a reîntors bolnavul începând astfel programul recuperator cu refacerea acelei etape.

Obişnuit, se pune semn de egalitate între controlul motor şi activitatea voluntară sau telekinezia, cum se mai numeşte. Realitatea este însă puţin diferită.

Se ştie, şi în această monografie s-a mai discutat, că activitatea musculară este de 2 feluri:

a) Activitate tonică-posturală, activitate necomandată, reflexă, reprezentată de tonusul muscular de repaus sub comanda reflexelor medulare prin acţiunea buclei gama şi a motoneuronului alfa, şi tonusul muscular postural şi de atitudine mult mai complex, realizat tot reflex medular, dar sub comanda

şi controlul sistemului extrapiramidal cu implicarea cerebelului, nucleilor cenuşii şi formaţiunii reticulate.

b) Activitatea voluntară, rezultat al unei continue combinaţii sinergice între factorii sensitivi şi motori implicând aproape totalitatea funcţiilor sistemului nervos. S-a văzut că această activitate comandată central este transmisă prin sistemul piramidal şi extrapiramidal către efectorii motori medulari.

Dar trebuie subliniat şi bine reţinut că nu există mişcare voluntară fără ca ea să nu fie pregătită de o ajustare tonică posturală a segmentului respectiv care urmează să se mişte şi, de asemenea, nici o mişcare voluntară nu se desfăşoară fără ca schimbările posturale să nu o urmeze ca o „umbră" cum spunea Sherrington.

Aceste realităţi fiziologice ne obligă să reflectăm dacă realmente există două tipuri de activităţi diferite (voluntară şi posturală) sau de fapt una singură complexă cu schimbări şi ajustări permanente.

Controlul motor îşi face simţită existenţa prin intermediul a trei procese:

1. Controlul muscular;
2. Coordonarea;
3. Echilibrul.

Să le analizăm pe rând.

10.3. *CONTROLUL MUSCULAR*

Noţiunea de control muscular se referă la „abilitatea de a activa un grup limitat de UM ale unui singur muşchi fără a fi activaţi şi alţi muşchi. Controlul nu implică însă şi capacitatea de inhibiţie pentru ceilalţi muşchi vecini, acest proces făcând parte din coordonare.

Un adevărat „control" nu poate fi exercitat decât la un individ relaxat care execută o uşoară contracţie a unui muşchi. Orice comandă pentru o contracţie puternică a unui muşchi nu s-ar putea executa decât în cadrul unei engrame realizată prin repetiţii pe baza unor procese de coordonare care implică inhibiţii de vecinătate.

Controlul este un act conştient orientat în mod special spre o activitate.

În fond, controlul nu este altceva decât acţiunea etajelor superioare ale nevraxului asupra poolului motoneuronilor alfa medulari. Acest control mai este denumit „control direct" pentru a-l deosebi de „controlul indirect" reprezentat de influenţa nevraxului superior asupra motoneuronilor gamma şi prin intermediul acestora acţionând asupra motoneuronilor alfa, aspect discutat pe larg în alte capitole.

Calea acestui control neuromotor nu are nevoie de antrenament, ci doar de conştientizarea raportului senzitivo-motor pentru realizarea activării unui muşchi sau a unei mişcări simple la un moment dat.

Este o cale strict excitatorie fără vreo influenţă inhibitorie.

Controlul unui muşchi se referă la realizarea contracţiei acestuia, adică a realizării unei forţe. De fapt, controlul nu se referă doar la atât, el depinzând şi de direcţia de mişcare (Tax şi Gielen, 1997). Încă în 1989 Windhorst şi colaboratorii lansează o teorie extrem de interesantă şi anume că mecanismele de control se bazează pe subdiviziunea poolului motoneuronilor unui muşchi. Recrutarea UM pe principiul mărimii se face nu cu referire la muşchiul întreg, ci pentru fiecare subdiviziune. Motoneuronii acestor subdiviziuni acţionează fie pe forţă, fie pe mişcare. Aceasta arată că modul de coordonare al muşchiului este diferit în funcţie de scop: pentru forţă sau pentru mişcare.

Concentrarea (atenţia) unui individ se poate transla de la activarea unui muşchi la altul sau de la o mişcare simplă la alta cel mult de 2-3 ori într-o secundă.

Copilul mic îşi începe evoluţia de maturare a căilor neuronale prin procese de control ale activităţilor simple care treptat se completează, realizându-se coordonarea activităţilor fizice. Deci engramele se vor forma prin învăţarea şi integrarea controlului neuromuscular a unor grupe complexe musculare aşa cum au demonstrat Kenny şi Knapp, 1955.

Feedback-ul electromiografic (Simard şi Basmajian) a demonstrat tehnic posibilitatea controlului UM individuale, iar Marinacci şi Horance (1960) au utilizat acest feedback electromiografic pentru învăţarea controlului muscular precis.

Un astfel de antrenament se adresează strict agonistului mişcării (aşazisului *„mobilizator primar"*) fără nici o participare a antagonistului. Învăţarea controlului muscular precis pe un anumit muşchi are importanţă mai mult teoretică, căci indiferent cât de bine ar fi făcut, acţiunea muşchiului rămâne foarte slabă, doar la un mic procent din forţa maximă a muşchiului normal. „Mobilizatorii primari" singuri, practic, nu pot contribui la o activitate motorie normală.

În kinetoterapie, problema controlului muşchilor individuali ia o mare importanţă în primele etape ale recuperării în patologia neuromotorie.

Din acest motiv, vom insista puţin asupra aspectelor ridicate de antrenarea controlului muscular.

Educarea sau reeducarea mobilizatorilor primari reprezintă un proces dificil care cere o concentrare şi o participare intensă. Pacientul trebuie să înţeleagă perfect ce i se spune, trebuie să fie relaxat, să coopereze perfect, să nu-l distragă nimic. La primul semn de neatenţie, antrenamentul este oprit şi reluat în condiţii optime. Pacientul trebuie să fie odihnit, aşezat într-o postură cât mai de echilibru şi de relaxare şi în plus să nu aibă dureri pe traiectul arcului de mişcare. Acest aspect este important căci mecanoceptorii articulari intră în feedbackul controlului motor. Este suficient să avem o disponibilitate de 10°-15° de mişcare pentru a realiza învăţarea acestui control.

Orice perturbare a propriocepţiei îngreunează mult învăţarea fiind posibilă doar în prezenţa telerecepţiei. Perturbarea şi a telerecepţiei exclude orice posibilitate de control.

Există câteva metode utilizate pentru antrenarea controlului muscular. Iată care sunt principalele:

a) ***Stretch reflexul*** realizează contracţia muşchiului al cărui tendon l-am întins repede. Se utilizează în leziunea neuronului motor periferic.

Efect similar putem obţine cu o electro-vibraţie de 200 Hz.

b) ***Tehnici de facilitare*** proprioceptive în cazul în care tulburările de neuron motor central răspund la exerciţiile de facilitare prin care creăm supraimpulsuri de la o cale interneuronală la alta pentru a scădea rezistenţa sinaptică şi a atinge pragul de stimulare. În acest fel, realizăm controlul muscular pe fondul unei dificultăţi de activare voliţională. Desigur că facilitarea trebuie să fie cu atât mai intensă cu cât este mai slab controlul voliţional. Şi invers.

c) ***Excitaţia cutanată*** (metoda Rood) deasupra muşchiului ce trebuie antrenat este o metodă tot de facilitare (exteroceptivă) care întăreşte stretch reflexul promovând controlul muşchiului paretic.

d) ***Activarea imaginativă*** adică concentrarea asupra acţiunii unui muşchi realizată doar în gândirea noastră în timp ce rămânem pasivi din punct de vedere motor. Pacientul trebuie bine instruit asupra acestei metode şi trebuie să înţeleagă exact ce i se cere. Poate fi ajutat realizând contralateral respectiva activare sau prin mobilizarea pasivă pe direcţia respectivă a segmentului.

e) ***Antrenarea percepţiei contracţiei*** se referă la conştientizarea asupra fenomenului de contracţie a muşchiului. Cel mai simplu această conştientizare se face printr-o foarte uşoară rezistenţă opusă mişcării realizată de muşchi ceea ce înseamnă un mic efort ce va grăbi antrenamentul. Orice efort mai intens va declanşa o răspândire a excitaţiei şi la alte grupe de muşchi.

f) ***Electrostimularea neuromusculară*** selectivă pentru un muşchi la nivelul punctului motor poate fi utilă mai ales dacă pacientul caută să intre prin comandă voluntară în ritmul contracţiilor stimulate.

După cum s-a mai subliniat, antrenarea controlului muscular nu trebuie în nici un caz să producă durere şi nici oboseală. În general, se execută 3-5 contracţii într-o şedinţă pentru fiecare muşchi, repetându-se în timpul zilei. Pe măsură ce muşchiul îşi creşte forţa şi anduranţa suita de contracţii poate creşte pe şedinţă dar tot este recomandabil ca după 2-3 contracţii să se facă o foarte scurtă pauză apoi se continuă etc. Tot timpul se va controla ca să nu fie implicaţi şi alţi muşchi.

Idealul ar fi ca să trecem la antrenamentul de coordonare numai după ce a fost bine refăcut controlul muscular individual.

10.3.1. *Facilitarea*

Conceptul „facilitării" în cadrul controlului motor, definit de Sherrington, este necesar de a fi discutat deoarece în mediile de kinetoterapie noţiunea

este legată exclusiv de „tehnicile de facilitare" care reprezintă doar modalităţi de aplicare a acestui concept.

După cum s-a mai arătat, stimulii specifici transmişi motoneuronilor alfa determină o salvă de impulsuri de descărcare a acelor motoneuroni responsabili ai acţiunii comandate. Este un proces de „selecţie" neuronală care, după cum am văzut, asigură engrama, mişcarea coordonată.

Stimulii însă excită subliminal şi alţi motoneuroni din vecinătatea din aşa-numita „zonă subliminală marginală".

Orice excitaţie suplimentară venită de indiferent unde care va realiza şi recrutarea motoneuronilor alfa din zona subliminală marginală activându-i, va fi considerată ca *„stimul facilitator"*.

Orice excitaţie (stimul) care, din contră, va determina o scădere a descărcărilor motoneuronilor activi, plasându-i în zona subliminală, va fi considerată *„stimul inhibitor"*. În noţiunea de facilitare intră de fapt şi stimulii inhibitori, căci se consideră că se produce o „facilitare a inhibiţiei" care, în neurofiziologie, are o deosebită importanţă.

Stimulii slabi produc desigur o recrutare limitată din massa poolului neuronal medular. Concomitenţa însă a 2 astfel de stimuli poate determina un răspuns net superior răspunsului sumat al celor 2 stimuli.

În figura 10.3 se explică grafic această realitate.

Fiecare stimul, izolat, va recruta câte 4 motoneuroni alfa dând răspunsuri de intensităţi asemănătoare. Fiecare va introduce zone de excitaţie subliminală în jur mai mult sau mai puţin extinse.

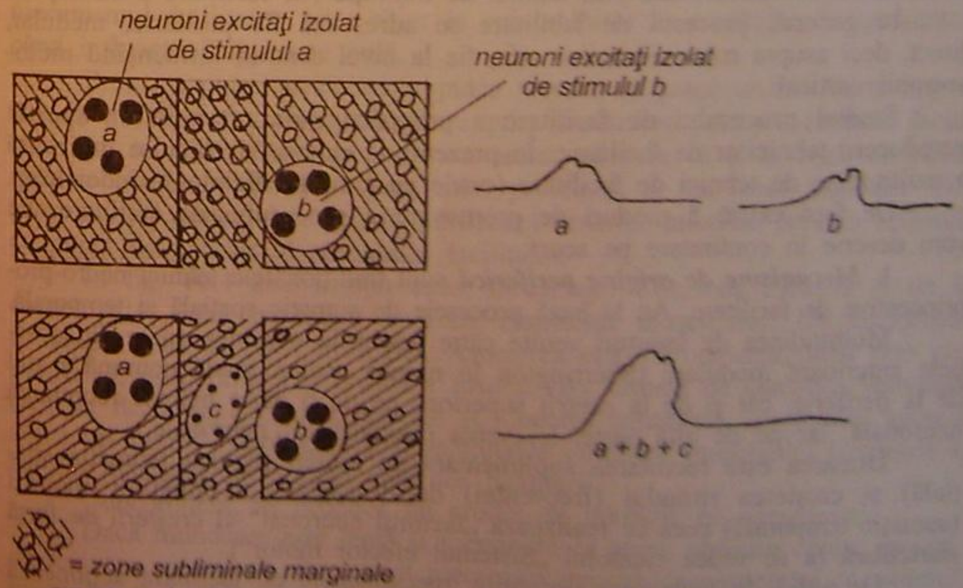


Fig. 10.3. – Facilitarea.

Dacă stimulii **a** şi **b** ajung însă concomitent la poolul neuronal vor fi activaţi şi un număr de neuroni (de exemplu 5 neuroni) din zonele subliminale. În acest moment, de la poolul neuronal porneşte comanda către musculatură de la 13 motoneuroni (4+4+5).

Notă: numărul acesta de motoneuroni este doar pentru demonstrarea fenomenului, numărul real fiind, bineînţeles, mult mai mare.

Aşadar, sumarea excitaţiei **a** şi **b** a făcut ca alţi motoneuroni să atingă pragul de excitaţie şi să devină activi. S-a produs un proces de „facilitare".

Organismul foloseşte continuu acest proces de facilitare fără ca noi să realizăm aceasta.

Procesul de facilitare poate avea ca mecanism şi scăderea rezistenţei la input, adică scăderea pragului de excitabilitate. Reamintim că, la nivelul neuronului, potenţialele de sinapsă se acumulează până când ating un anumit prag de excitabilitate, moment în care se declanşează curentul de acţiune de-a lungul axonului (nervului). Facilitarea, scăzând acest prag, permite o acumulare mai rapidă a potenţialelor de sinapsă. Se ştie că motoneuronii mici au rezistenţe mari la input şi, respectiv, excitabilităţi (praguri) crescute. Aşadar, facilitarea va creşte răspunsul motor.

Fenomenul de facilitare prin care se creşte excitabilitatea motoneuronilor şi se creşte nivelul descărcărilor neurale este utilizat de câteva decenii în cadrul unor tehnici kinetice speciale (tehnici de facilitare) cu scopul de a creşte forţa musculară în muşchii slabi care fac dificile sau imposibile anumite mişcări voluntare.

Invers, pentru musculatura spastică, se caută scăderea excitabilităţii şi a descărcărilor motoneuronale prin tehnici de inhibiţie (de facilitare a inhibiţiei).

În general, procesul de facilitare se adresează fie periferic, medular, direct, deci asupra motoneuronilor alfa, fie la nivel central, influenţând motoneuronii corticali.

Studiul procesului de facilitare a progresat rapid, datorită în special introducerii tehnicilor de facilitare. În prezent, se cunosc şi chiar se utilizează o multitudine de tehnici de facilitare (unele cu conţinut fiziologic îndoielnic).

De fapt există 5 moduri de promovare a procesului de facilitare. Le vom descrie în continuare pe scurt:

1. ***Mecanisme de origine periferică*** sunt tradiţionalele tehnici neuro-proprioceptive de facilitare. Au la bază procesele de sumaţie spaţială şi temporală.

Multitudinea de inputuri venite către poolurile motoneuronale din coarnele anterioare medulare (Sherrington le numea „calea finală comună") atât de la periferie, cât şi de la centrii superiori, pe de o parte măresc recrutarea neuronală, iar pe de altă parte, frecvenţa descărcărilor neuronale.

Urmarea este recrutarea suplimentară de unităţi motorii (sumaţia spaţială) şi creşterea ritmului (frecvenţei) de descărcare a unităţilor motorii (sumaţie temporală) ceea ce realizează „factorul neuronal" al creşterii de forţă musculară (a se vedea capitolul „Sistemul efector motor").

De altfel, în activitatea obişnuită, mecanismele de facilitare acţionează continuu. Simpla atingere cu mâna a greutăţii care trebuie ridicată înseamnă impulsuri suplimentare de prehensiune puternică.

Tehnicile proprioceptive de facilitare se utilizează pentru a recâştiga o forţă musculară eficientă pentru mobilizarea unui segment, deci de a reface controlul motor. Tehnicile inhibitorii urmăresc din contră diminuarea inputurilor care cresc excitabilitatea unităţilor motorii.

Trebuie bine înţeles că stimularea facilitatorie periferică nu urmăreşte neapărat (probabil nici nu ar putea) să crească atât de mult inputul ca să se ajungă prin el la descărcări de motoneuroni adică să producă mişcarea. Valoarea inputului poate fi sub prag, dar să aibă efect, alături de comanda centrală, de a excita sau inhiba motoneuronii alfa. Cu alte cuvinte, inputul facilitator „mută" motoneuronii din zona subliminală în zona activă de descărcare (facilitare) sau invers, din această zonă în zona subliminală (inhibiţie).

Lloyd a stabilit două legi importante ale mecanismului de facilitare:

1. Durata între 2 stimuli periferici **a** şi **b**, pentru a se suma şi a da răspuns, trebuie să fie sub 10 msec.

2. Excitaţia facilitatorie nu trebuie să fie unică, ci susţinută prin trenuri (salve) de impulsuri (de aceea se preferă tapotarea sau vibrarea pe corpul muscular ca tehnică rapidă şi simplă).

Mecanismul periferic proprioceptiv se referă la stimuli care pleacă din receptorii proprioceptivi care au fost discutaţi la începutul acestei cărţi. Este vorba de fusul muscular, aparatul Golgi şi receptorii articulari.

În practică, de fapt, rămâne în discuţie doar fusul muscular ca loc de producere a eventualelor inputuri facilitatoare sau inhibitorii. Aparatul Golgi de tendon, după cum ştim, are efecte inhibitorii dar declanşate doar de o creştere puternică şi bruscă a tonusului muscular, ceea ce nu este cazul în mecanismul facilitator. Nici chiar în cel inhibitor în condiţiile de spasticitate când influenţa Golgi este nulă.

Proprioceptorii articulari ar putea teoretic să joace un rol foarte important în acest mecanism de facilitare prin implicarea posturii, element facilitator sau inhibitor. Dar, aşa cum am arătat, se pare că şi în reglarea posturală nu aceşti receptori ar juca rolul principal, ci tot fusul muscular. Din acest motiv, principalele tehnici utilizează reflexul miotatic (stretch reflexul) ca punct de plecare al stimulului facilitator.

În fig. 10.4 este schiţat acest mecanism. Comanda motorie A de la cortex este slabă pentru a angrena răspunsul muşchiului. De asemenea, comanda B de la fusul muscular. Asocierea celor 2 comenzi, întâi prin cea periferică, prin întinderea bruscă a fusului (B), urmată de comanda voluntară (A), va declanşa comanda motorie (C) pentru contracţia muşchiului agonist adică cel întins. Amplitudinea şi rapiditatea întinderii muşchiului (respectiv a fusului muscular) determină mărimea facilitării.

Concomitent, se produce un proces de inhibiţie pe antagonişti.

Dacă întinderea este lentă şi menţinută ca atare, obţinem efecte inverse, de relaxare musculară. Prin acest mecanism, reuşim despasticizări cu ajutorul posturilor fixe prelungite (în atele) care întind muşchii spastici, scăzând descărcările motoneuronale.

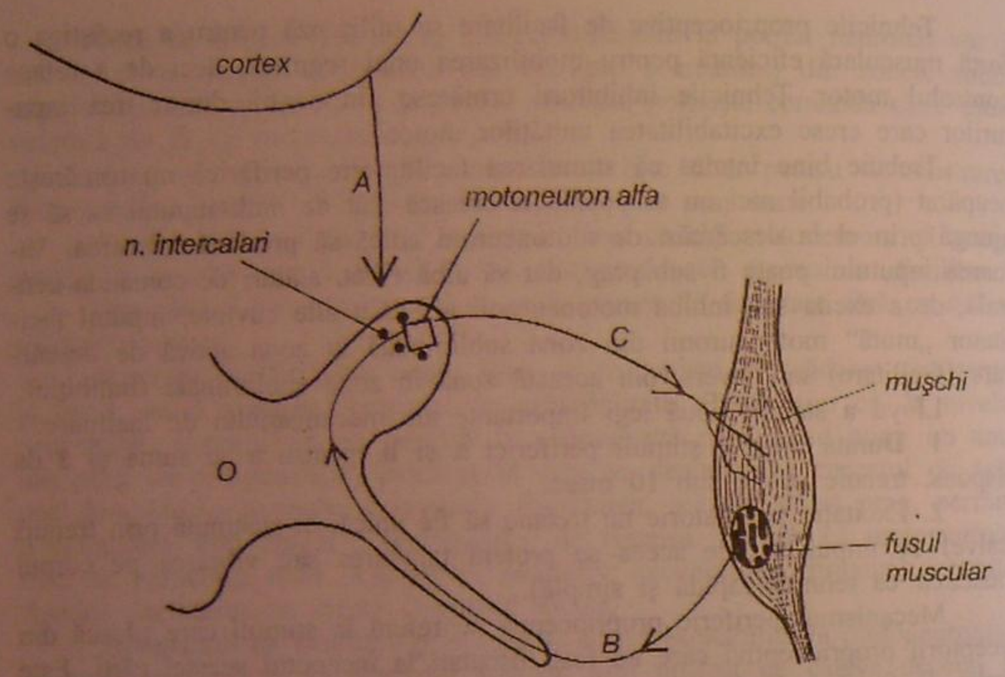


Fig. 10.4. – Stretch reflexul ca mecanism de facilitare.

Deşi receptorii pentru durere nu sunt consideraţi receptori proprioceptivi, reflexul nociceptiv este considerat ca un foarte sensibil mecanism facilitator. Producerea unei dureri se traduce prin reflexul de retragere, de flexie, reflex de apărare. Puterea şi promptitudinea acestui reflex de flexie este condiţionată şi de inhibiţia (relaxarea) extensorilor. Aşa, spre exemplu, provocarea la spastici hemiplegici a unei dureri în talpă se va solda cu contracţia flexorilor şi relaxarea extensorilor.

Sherrington punea un mare preţ pe calităţile facilitatorii ale reflexului de apărare mai ales pentru că determină o mişcare poliarticulară pe lanţul kinetic al membrului respectiv. Desigur că reflexul de durere nu poate fi o metodă curentă de facilitare. Dar el poate fi utilizat ca testator al eventualelor efecte favorabile ale testelor de facilitare.

2. ***Mecanismul stimulărilor cutanate***. Aceste stimulări vin tot de la periferie, dar de la exteroceptivi.

Utilizarea stimulărilor cutanate în procesul de facilitare se datoreşte Margaretei Rood care le-a introdus în 1950. Este vorba de stimulări uşoare mecanice sau/şi termice asupra pielii.

Desigur că, teoretic, se pune întrebarea în ce mod excitaţia exteroceptorilor poate influenţa sumaţia motoneuronală alfa medulară pentru a realiza facilitarea contracţiei.

După M. Rood în timpul periajului pielii s-ar produce întinderi ale muşchiului subiacent şi deci am fi în faţa tot a unei reacţii proprioceptive.

Probabil este o explicaţie puţin forţată. Mai curând ar fi valabilă explicaţia unor neurofiziologi (ex. Asanuma) care consideră că excitaţia tegumentară exteroceptivă ajunge pe căile sensibilităţii la cortex şi de aici pleacă comanda către unităţile motorii medulare. Aceste impulsuri sunt diferite de comanda voluntară de mişcare (fig. 10.5).

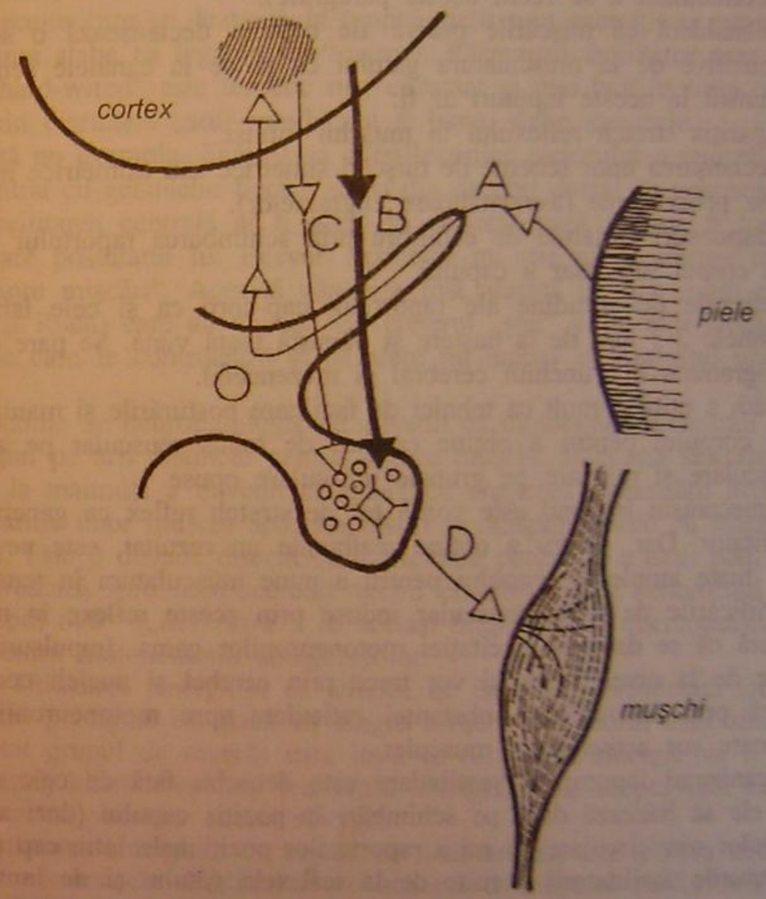


Fig. 10.5. – Mecanismul facilitării de la exteroceptori:
A – Calea senzitivă exteroceptivă; *B* – Calea motorie voluntară; *C* – Calea motorie facilitatoare; *D* – Calea eferentă periferică.

Se consideră de mult că, în cadrul dezvoltării filogenetice, s-au perfecţionat o serie de reţele senzomotorii paralele care influenţează o serie de nivele ale SNC. Astfel, atingerea corpului sau a unor segmente de un obiect produce instantaneu un răspuns motor specific, deci asistăm la o creştere a mobilităţii.

Dacă metoda Rood prin tehnica periajului ar acţiona prin ambele mecanisme descrise mai sus am asista la ceea ce numim *„suprapunerea stimulilor"*, condiţie ideală pentru mecanismul facilitării.

3. ***Mecanismul reflexelor cap-gât-corp şi reacţiile de echilibru vestibulare*** reprezintă un mecanism de facilitare complex, discutabil şi ca substrat neurofiziologic şi ca eficienţă practică reală.

În capitolul „Funcţionalitatea sistemului articular singular" au fost expuse reflexele tonice ale gâtului, reflexele vestibulare ca şi cele de echilibrare. (Recomandăm a se reciti aceste paragrafe).

Se consideră că mişcările pasive ale capului declanşează o serie de inputuri senzitive de la musculatura gâtului ca şi de la canalele semicirculare. Răspunsul la aceste inputuri ar fi:

– Apariţia stretch reflexului în muşchii întinşi.

– Declanşarea unor scheme de mişcări simetrice sau asimetrice în membre, scheme preexistente (asemănătoare engramelor).

– Răspunsuri variabile de echilibru prin schimbarea raportului poziţiei capului cu corpul sau doar a capului.

Reflexele de atitudine ale raportului cap-corp ca şi cele labirintice apar în primele 2-3 luni de la naştere şi persistă toată viaţa. Se pare că sunt reflexe programate în trunchiul cerebral şi mezencefal.

Bobath a utilizat mult ca tehnici de facilitare posturările şi manipulările capului şi corpului pentru a obţine creşteri de tonus muscular pe anumite grupe musculare şi relaxare pe grupele musculare opuse.

Ca mecanism în fond este vorba tot de stretch reflex ca generator de input facilitator. Dar, pentru a obţine realmente un rezultat, este nevoie de mobilizări foate ample ale capului pentru a pune musculatura în tensiune.

Modificările de tonus muscular induse prin aceste reflexe în membre se consideră că se datoresc excitaţiei motoneuronilor gama. Impulsurile proprioceptive de la nivelul gâtului vor trece prin cerebel şi nucleii cenuşii şi vor coborâ prin intermediul substanţei reticulate spre motoneuronii gama medulari care vor activa fusul muscular.

Mecanismul inputurilor vestibulare este deosebit faţă de cele de mai sus, căci ele se bazează doar pe schimbări în poziţia capului (deci a orientării canalelor semicirculare) şi nu a raporturilor poziţionale între cap şi corp.

Inputurile facilitatorii pornite de la reflexele gâtului şi de la vestibul sunt în general foarte slabe, dar ele permit cu uşurinţă asocierea şi a altor tehnici facilitatorii care se vor suma.

4. ***Mecanismele facilitatorii centrale*** au fost intuite şi aplicate de Brunnstrom. Facilitarea centrală este o alternativă sau un ajutor al stimulării periferice.

a) Utilizarea unei forţe maxime voluntare pe musculatura normală reprezintă o „facilitare centrală", căci zona strictă centrală corespunzătoare grupului muscular în efort iradiază prinzând în procesul de excitaţie şi teritoriul musculaturii slabe de unde vor pleca spre măduvă stimuli facilitatori. Procesul este real şi se cunosc o serie de grupaje musculare în cupluri de influenţare reciprocă în sensul de mai sus: efortul intens al unuia facilitează contracţia celuilalt.

b) Utilizarea schemelor motorii preexistente, a secvenţelor stereotipe de mişcare sau a lanţurilor kinetice va permite antrenarea şi a musculaturii slabe prin această facilitare centrală.

Unele din aceste secvenţe kinetice (sau *„circuite kinetice"*) au probabil un determinism genetic, sunt prezente la toţi indivizii (teoretic) şi au legături puternice *(hard-wired)*. Paralel cu aceste circuite solid formate există circuite care se dezvoltă în timpul vieţii prin exerciţii şi experienţe variabile, mai slabe ca legături *(soft-wired)*. Răspunsul facilitator prin circuitele de tip „hard-wired" este teoretic mai constant şi mai bun în timp ce răspunsurile prin circuitele „soft-wired" pot fi bune, slabe sau nule.

Iată un exemplu. Facilitarea dorsiflexorilor piciorului o realizăm din decubit ventral cu genunchii flectaţi şi nu din decubit dorsal cu genunchii extinşi.

Facilitarea centrală ar fi greu de explicat dacă ar mai fi fost luat în considerare postulatul lui Beevor: „creierul nu ştie nimic despre muşchi, ci doar despre mişcări". Această părere a fost atacată de mai mulţi cercetători (Chang şi Ruch) care au dovedit că, creierul „ştie" şi de individualităţi musculare pe care le controlează şi ca atare nu numai în contextul unei acţiuni fizice.

Studiile de neurofiziologie au dovedit că motoneuronii centrali sunt grupaţi spaţial pe arii distincte pentru fiecare muşchi. Excitaţia selectivă experimentală la maimuţe a dovedit că odată cu creşterea intensităţii acestei excitaţii pe ariile unor muşchi apar impulsuri şi dinspre zonele cu sinergişti (coagonişti). Este o dovadă directă că o excitaţie puternică a unui pool neuronal central iradiază spre motoneuronii vecini co-antagonişti. Fenomenul este denumit „spill over" („deversare"). În acelaşi timp, apar şi interconexiunile inhibitorii pentru motoneuronii antagoniştilor.

c) Utilizarea sinergiilor ca tehnică de facilitare considerată tot centrală se bazează pe faptul că, dacă un singur muşchi din cadrul unei sinergii este activat, tot grupul de muşchi care intră în respectiva sinergie va fi activat.

Iniţial, kinetoterapeutul realizează sinergiile, dar scopul este ca pacientul să execute voluntar aceste sinergii.

Utilizarea sinergiilor ca mijloc de facilitare nu este altceva decât introducerea unor muşchi deficitari într-o schemă de mişcare performată.

d) Utilizarea organelor de simţ, văz şi auz în special, ca stimuli suplimentari facilitatori este larg răspândită în metodologia tehnicilor de facilitare. Evident că impulsurile pornite de la informaţia senzorială reprezintă tot o formă de facilitare centrală.

5. ***Mecanismul „educaţiei motorii" sau al feedbackului*** care implică atât informaţie periferică, cât şi răspuns central stă de fapt la baza aproape a întregului control motor. Totuşi, îl nominalizăm ca pe un mecanism de facilitare separat datorită introducerii unei tehnici de facilitare, biofeedbackul, deosebit de interesant şi eficient.

După cum s-a mai discutat în diverse momente, atât controlul motor cât şi coordonarea necesită prezenţa feedbackului senzitivo-senzorial. Calea principală performată a feedbackului senzitiv este sistemul spinocerebelos.

De la proprioceptorii articulari şi musculari, cele mai slabe semnale declanşează feedbackul spinocerebelos cu conexiune în continuare spre cortex.

Semnalele vin şi de la exteroceptori ca şi de la organele senzoriale urmând acelaşi traseu.

Informaţia corticală întăreşte semnalele pornite din poolul neuronal cortical către motoneuronii medulari, proces care măreşte atât recrutarea neuronală cât şi frecvenţa stimulilor acestora, ceea ce se traduce printr-o eficienţă sporită a contracţiei musculare.

În 1960, A. Marinacci şi M. Horande plecând de la ideea feedbackului facilitator introduc „reeducarea audio-neuromusculară" adică biofeedbackul, cu scopul creşterii forţei în musculatura foarte slabă.

Aşadar, substratul fenomenului de facilitare îl reprezintă suprapunerea stimulilor care, astfel, vor fi capabili să antreneze un număr suficient de unităţi motorii care vor realiza contracţia musculară adică mişcarea respectivă.

Dar, atenţie, că se pot suprapune şi stimuli inhibitori şi atunci pot apărea chiar accidente.

Iată, spre exemplu, apariţia „sincopei cvadricepsului" la coborârea scărilor. În această situaţie, cvadricepsul brusc devine incapabil de contracţie pentru a bloca genunchiul şi cădem. „Sincopa cvadricepsului" s-a produs prin suprapunerea a doi stimuli:

– întinderea lentă a cvadricepsului care a dus la blocarea activităţii fusului muscular,

– forţa (rezistenţa) mare cerută de sprijinul pe scară pentru muşchiul cvadriceps a condus la punerea în tensiune a organului de tendon Golgi care a comandat relaxarea muşchiului.

Un an mai târziu, H. Booker şi colaboratorii utilizează aceeaşi tehnică a biofeedbackului în scop invers, de inhibare, de relaxare a musculaturii spastice.

Tehnica biofeedbackului facilitator sau inhibitor foloseşte stimulii auditivi sau vizuali (sau ambii) care vor asigura controlul motor voluntar, conştientizând starea de slăbiciune sau de spasticitate a muşchiului şi, în consecinţă, orientând comanda corticală în sensul dorit.

Este vorba deci de un aparat de EMG care colectează curenţii de acţiune musculari şi care evidenţiază pe un ecran semnale luminoase colorate mai intense sau mai puţin intense în raport cu mărimea semnalelor din unitatea motorie, respectiv cu gradul de contracţie. Aparatul poate oferi şi semnale sonore intense sau mai puţin intense în raport tot cu gradul de excitaţie sau inhibiţie a muşchiului.

Tehnica biofeedbackului utilizează aşadar semnale care ar putea fi considerate sub un anumit unghi de vedere nefiziologice.

Teoretic, dar şi practic, biofeedbackul se poate utiliza nu numai pentru controlul muscular, şi pentru controlul tensiunii arteriale, a cefaleei, incontinenţei urinare, anxietăţii, aritmiei cardiace etc. Evident, în funcţie de obiectiv, tehnica va fi diferită.

*
* *

Nu este locul aici, în această monografie, să descriem şi tehnicile de facilitare neuroproprioceptive (FNP). Ele sunt numeroase şi se înmulţesc mereu. De peste jumătate de secol ocupă un loc central în cadrul tehnicilor, exerciţiilor terapeutice şi metodelor din kinetoterapie. După o primă perioadă de entuziasm, eficienţa lor a început să fie privită mai critic. Rezultatele extraordinare descrise de iniţiatorii acestor tehnici nu se mai regăseau în practica zilnică. S-a dovedit că:

– Nu toate testele au efect la toţi subiecţii. Răspunsul trebuie tatonat.

– Destul de frecvent răspunsul este inadecvat.

– Răspunsul este dependent de: boală, starea SNC, vârstă, condiţii de ambiental, profesionalismul kinetoterapeutului, ritmul de aplicare al tehnicii, durata exerciţiului, intensitatea lui etc.

Este evident că dependenţa atât de largă de atât de variate condiţii face discutabil aspectul practic al tehnicilor FNP.

Aşa cum se va mai discuta puţin mai departe, aceste tehnici au fost criticate de mai mulţi autori în ultimii 20-30 de ani, mai ales în contextul mecanismului de coordonare, căci aceste tehnici contribuie la răspândirea excitaţiei fără să se ocupe de „zidul de inhibiţie" (vezi mai departe subcapitolul despre coordonare).

Să amintim, în final, vorbele lui Tardieu care se refereau la testele de facilitare aplicate pacienţilor spastici: „relaxarea obţinută în sală cu atâta trudă dispare la uşă".

10.4. *COORDONAREA*

Într-o definiţie largă, explicativă, *coordonarea* este procesul ce rezultă din activarea unor scheme de contracţii ale mai multor muşchi cu forţe, combinări şi secvenţe apropiate şi cu inhibiţii simultane ale tuturor celorlalţi muşchi în scopul de a realiza acţiunea dorită.

Mai pe scurt, am putea defini coordonarea ca o combinare a activităţii unui număr minim de muşchi în cadrul unei scheme de mişcare continuă, lină, în ritm normal, cu forţă adecvată pentru executarea unei acţiuni. Evident că o mişcare „coordonată" presupune ipso facto şi control şi echilibru. O activitate coordonată este automată deşi ea poate fi executată şi conştient. Pentru a avea o acţiune coordonată trebuie ca toate elementele mecanismului neuromuscular să fie intacte.

Mişcarea coordonată depinde de o corectă contracţie a muşchilor agonişti, de o relaxare simultană a antagoniştilor şi o contracţie a sinergiştilor şi stabilizatorilor.

Încă nu s-au dat răspunsuri definitive la o serie de întrebări privind coordonarea şi anume: care este contribuţia eredităţii la procesul coordonării,

cât se bazează aceasta pe învăţatul automat din copilărie, când trebuie intervenit pentru o învăţare conştientă, dirijată etc.

Coordonarea unei acţiuni musculare este sub controlul cerebelului şi fixată într-o engramă în sistemul extrapiramidal printr-un antrenament susţinut (şi nu ereditară) adică prin repetări de sute-mii-milioane de ori. De fapt engrama nu este decât o schemă preprogramată a unei anumite activităţi musculare. De câte ori o engramă este excitată (solicitată) ea declanşează automat schema de mişcare preformată fără participare conştientă. Doar neîndeplinirea acţiunii este percepută şi nu şi „cum" este îndeplinită.

După cum se mai sublinia, engrama–coordonatoare nu cuprinde numai activităţi musculare, ci şi inhibiţii musculare. Se ştie că un exerciţiu, o mişcare, obligată să se producă contra unei rezistenţe, declanşează cocontracţiile stabilizatorilor, ale sinergiştilor, iar dacă este mare şi a musculaturii controlaterale sau la distanţă. Această răspândire a excitaţiei ar face total incoordonată mişcarea, ba chiar ar anihila-o. Engrama trebuie să blocheze această împrăştiere a excitaţiei chiar înainte ca ea să ajungă la nivelul poolurilor motoneuronale medulare din cornul anterior.

Evident că în prezenţa unei rezistenţe importante engrama trebuie să inhibe-inhibiţia răspândirii excitaţiei căci va fi necesar în aceste condiţii să intre în activitate, în ordine: agoniştii, sinergiştii, stabilizatorii, antagoniştii, controlateralii.

Activităţile noastre obişnuite sunt programate prin existenţa acestor engrame bine şlefuite prin multitudinea de repetiţii şi utilizate automat de noi atunci când este nevoie.

Orice astfel de activitate pe care încercăm să o controlăm voluntar va fi mult mai lentă decât executată sub impulsul automat. Nu putem monitoriza odată decât o singură acţiune musculară.

Schemele preprogramate automatizate se formează deci prin repetiţii (antrenament) în copilărie, se întreţin prin utilizarea lor şi se pot reforma tot prin antrenament în cazul în care au fost pierdute prin boală.

O serie de cercetări au apreciat că ar fi nevoie de minimum 20 000-30 000 repetiţii voluntare făcute cu acurateţe pentru a se începe formarea unei engrame. Performanţa de vârf se atinge însă după câteva milioane de repetări.

În figura 10.6 este reprodusă o schemă după F.J. Kottke care punctează procesul formării engramei. Partea inferioară până la linia orizontală se referă la începutul formării coordonării când avem nevoie de secunde pentru realizarea unei mişcări noi, nepracticată încă. După 10-100 repetiţii, abilitatea creşte treptat şi putem performa mişcarea într-un timp mai redus, totuşi tot ne trebuie 300-500 msec pentru comanda voliţională. De abia peste cca 30 000 repetiţii începe automatizarea coordonării (deasupra liniei orizontale). Barele verticale exprimă numărul tot mai mare de muşchi ce pot fi controlaţi automat pe măsură ce numărul de repetiţii creşte până la milioane. Adevărata engramă de abia de acum s-a fixat.

Coordonarea nu se poate realiza decât în prezenţa stimulilor senzitivi proprioceptivi, exteroceptivi tactili şi a celor senzoriali (mai ales vizuali).

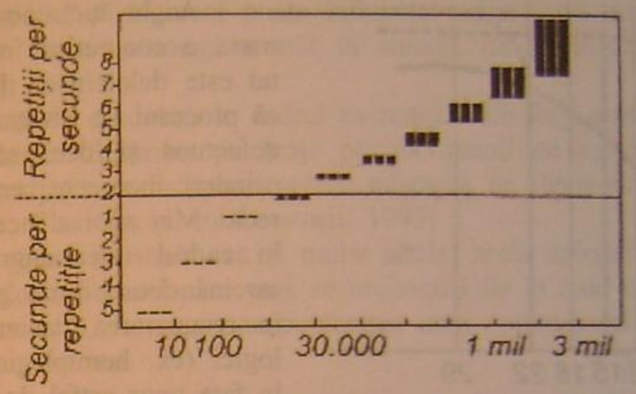


Fig. 10.6. – Dezvoltarea schemei de coordonare (după F. Kottke).

Lipsa unuia dintre ei poate fi protezată de ceilalţi doi, dar niciodată nu vom avea o coordonare perfectă.

Încă din definirea coordonării aminteam că ea cuprinde nu numai comenzile excitatorii de realizare a contracţiilor şi mişcărilor, ci şi comenzile inhibitorii de blocare a altor contracţii şi mişcări. Adevărul este că „miezul" coordonării este în primul rând realizat prin procesele inhibitorii decât pe cele excitatorii. Karel Baboth spunea: „fiecare engramă motorie este o cale excitatorie înconjurată de un zid de inhibiţii". Coordonare înseamnă în primul rând scoaterea din activitate a tuturor UM care nu participă la mişcarea precisă comandată.

Deşi atât de importantă, inhibiţia nu poate fi antrenată direct, ea se formează în timpul repetiţiilor de comandă excitatorie, şi pe măsură ce se formează pe aceeaşi măsură, mişcarea respectivă se şlefuieşte tot mai mult, devine tot mai abilă. Ceva mai mult. Pe măsură ce „zidul de inhibiţie" se formează, ne permitem să creştem intensitatea excitaţiei, adică să creştem forţa şi viteza de execuţie a mişcării fără să ne temem de efectul de răspândire a excitaţiei şi la alţi muşchi.

Odată engrama creată şi fixată, ea scapă sub un anumit aspect voinţei noastre. Noi putem să o iniţiem (să o comandăm), putem să o oprim la dorinţă, să o menţinem cât de mult vrem dar, odată declanşată, ea se desfăşoară pe secvenţialităţile preprogramate.

Engramele pentru activităţile obişnuite umane care încep şi se definitivează încă din copilărie se menţin toată viaţa dacă bineînţeles nu intervin cauze patologice (fig. 10.7).

Există însă în cursul vieţii engrame noi pe care trebuie să le organizăm pentru o serie de activităţi deosebite (profesionale, artistice, sportive etc.) sau engrame pierdute prin boală sau decondiţionare care trebuie să ni le recâştigăm. Este necesar deci să supunem sistemul neuromotor unui proces de „învăţare" care se adresează atât componentei motorii propriu-zise (musculoarticulare) precum şi a celei neurale (comandă-conducere descendentă şi recepţie senzitivă-conducere ascendentă-integrare centrală).

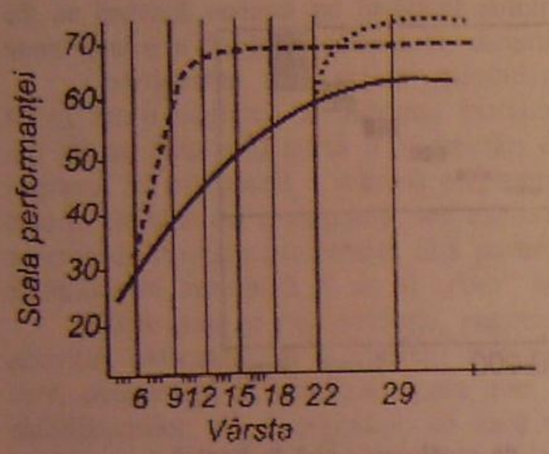


Fig. 10.7. – Dezvoltarea coordonării din copilărie până la 30 ani când se instalează nivelul maxim.
— Dezvoltarea normală a performanţei;
– – Creşterea ritmului de dezvoltare prin practică concretă;
··· Creşterea nivelului performanţei realizată de practică.

A „învăţa" coordonarea pentru a o concretiza într-o engramă nu este deloc uşor. Pericolul este că procesul de învăţare să se facă defectuos şi deci să fixăm deprinderi incorecte, engrame incorecte. Mai apoi a încerca corectări în cadrul unei engrame este o sarcină deosebit de grea. Deseori în recuperarea pacienţilor neurologici (ex. hemiplegici) ne găsim în faţa unor astfel de situaţii când aceştia au fost antrenaţi la mers fără să fie însuşite o serie de elemente analitice preliminare (echilibru mai ales). Noua coordonare incorect învăţată va face foarte grea (dacă nu imposibilă) reformarea unei engrame corecte.

Coordonarea trebuie privită mult mai complex decât abilitatea de a executa mişcarea perfectă într-o articulaţie sau în două articulaţii adiacente. Coordonarea se referă şi la un membru întreg, la cele 2 membre simetrice, la cele 2 membre ipsilaterale, la trunchi singur sau în asociere cu membrele şi în ultimă instanţă la corpul întreg, ca o unitate. Există o mulţime de studii care dovedesc această largă coordonare precizând în acelaşi timp particularităţile schemelor integrative. În continuare, vom selecta doar câteva aspecte pentru exemplificare:

• Cu cât o mişcare a unui membru este mai amplă (articulaţiile proximale), cu atât sunt mai reduse ca amplitudine mişcările în articulaţiile distale (Lacquanti F., Ferrigno G. etc., 1987).

• Antrenarea forţei agoniştilor cât şi antagoniştilor este la fel de importantă pentru o mişcare coordonată căci dacă agoniştii puternici pot mări viteza membrului care se mişcă, forţa antagoniştilor poate facilita oprirea mişcării în timp foarte scurt (Jaric S., Ropret R. şi colaboratorii, 1995).

• Există o bună coordonare a activităţilor membrelor simetrice ca şi a celor ipsilaterale când acţionează în fază. Coordonarea poate fi perturbată de o mişcare pasivă a unui al treilea membru. Această perturbare este mai puternică pentru membrul ipsilateral dacă mişcarea pasivă se execută în antifază (în direcţie contrară) cu mişcarea membrului decât dacă mişcarea pasivă este în fază (pe aceeaşi direcţie).

În acelaşi timp, coordonarea mişcărilor active ale unui membru este mai rapid şi mai puternic perturbată când mişcarea pasivă discoordonatoare se realizează pe membrul ipsilateral decât pe membrul opus acestuia (Baldissera F. şi colaboratorii, 1991; Swinnen şi colaboratorii, 1995);

• Poziţia unui segment poate influenţa serios forţa musculară a altor segmente ale aceluiaşi membru atât în situaţia de lucru a lanţului kinetic deschis cât şi închis.

Un exemplu elocvent: în cadrul exerciţiului de forţă pentru musculatura cotului în timpul flotărilor pe braţe poziţia mâinii pe sol în sprijin poate aduce mari variaţii de încărcare pentru mişcarea de flexie-extensie a cotului (Donkers M., Chao E. şi colaboratorii, 1993).

Toate aceste exemple (ca şi multe altele) arată întinderea şi complexitatea schemelor de coordonare care se realizează fie în mod natural fără conştientizarea noastră, fie prin conştientizarea unui antrenament bine condus.

10.4.1. *Incoordonarea*

Coordonarea este un proces complex neuromuscular care se câştigă dar se poate şi estompa sau pierde. Desigur că patologia este cauza principală a instalării incoordonării. Despre acest aspect se va discuta ceva mai departe.

Dar există o serie de factori care pot perturba coordonarea sau creşte incoordonarea. Înlistăm câţiva dintre aceştia:

a) Un efort muscular intens determină o iradiere a impulsurilor în SNC ceea ce afectează inhibiţia care asigură coordonarea perfectă a mişcărilor care execută efortul. De aici şi potenţialul accidentelor în timpul efortului.

b) Repetarea frecventă a unor activităţi secundare fără legătură cu activitatea de bază engramată o poate perturba pe aceasta conducând la incoordonări. Este ceea ce se spune „a face 2 lucruri dintr-o dată".

c) În condiţia unei încărcări a corpului în sprijin (ex. ortostatism) trebuind să învingă rezistenţe crescute faţă de capacitatea musculară se instalează incoordonarea.

d) În stările de anxietate, teamă, se produce o mare răspândire a excitaţiei în SNC care va crea incoordonări pe perioada respectivă.

e) Idem stările emoţionale (chiar pozitive), stările de excitabilitate crescută (spontane sau induse prin drog) măresc incoordonarea.

f) Durerile, ca şi creşterea stimulilor senzitivi periferici, măresc iradierea excitaţiei cu efect negativ important asupra coordonării.

g) Oboseala este principalul şi cel mai obişnuit duşman al coordonării. Într-un alt capitol se analizează multitudinea de cauze şi mecanisme prin care acţionează oboseala.

Ca mecanism prioritar în crearea incoordonării este inducerea unei perturbări a centrilor inhibitori care nu mai limitează excitaţia la schema motorie preprogramată.

h) Inactivitatea fizică, respectiv scăderea utilizării „zestrei" de engrame. S-a văzut că acestea se realizează prin multe repetiţii. Lipsa acestora instalează pierderea coordonării unei activităţi. Aşa sunt sportivii care „ies din formă" prin întreruperea antrenamentelor pentru un motiv sau altul.

Pierderea coordonării prin motivele de mai sus nu înseamnă patologie. Intră mai curând în sindromul mare al decondiţionării atunci când devine cronică.

Neavând la bază substraturi patomorfice, aceste incoordonări pot fi corectate prin reluarea antrenamentelor de coordonare pe baza principiilor arătate.

Patologia coordonării se va instala în leziunile cerebelului care asigură controlul coordonării precum şi ale sistemului extrapiramidal care influenţează coordonarea. Dar şi leziuni ale muşchilor, nervilor periferici, ale măduvei posterioare ca şi a zonelor frontale şi postcentrale ale cortexului cerebral determină incoordonări.

Clinica a conturat o serie de semne caracteristice patologiei coordonării prin leziuni cerebeloase şi extrapiramidale. Aşa sunt:

- ataxia – pierderea stabilităţii posturale, perturbări în iniţierea şi realizarea mişcării;
- adiadocokinezia – imposibilitatea realizării mişcărilor rapide alternante (ex. pronosupinaţia rapidă a mâinilor);
- dismetria – incapacitatea de a estima amplitudinea de mişcare pentru o anumită acţiune;
- disinergia – decompunerea mişcărilor prin ruperea mişcărilor voluntare ale unei acţiuni în componentele sale;
- tremor – tremurătură a membrelor când se încearcă execuţia unei activităţi (tremurătură intenţională);
- tremurături – neintenţionate, care apar în repaus;
- nistagmus – mişcări involuntare ale globilor oculari, laterale, circulare, în sus şi în jos;
- disartria – tulburări de vorbire;
- mişcări coreiforme – mişcări neregulate, bruşte, cu răsuciri fără scop, disritmice cu distribuţie variabilă etc.;
- mişcări atetozice – continue, lente, aritmice, vermiculare, ale extremităţilor;
- spasme – contracţii involuntare ale unor grupe mari musculare;
- balism – mişcări bruşte ale membrelor, ample mai ales pe o parte a corpului (hemibalîsm).

În leziunile periferice perturbarea coordonării este rezultatul firesc al paraliziilor, imobilizării articulare, slăbirii forţei musculare, tulburărilor de sensibilitate periferică. Toate acestea în tablouri clinice foarte variate.

10.4.2. *Antrenarea şi refacerea coordonării*

Antrenamentul pentru formarea unei noi engrame sau pentru refacerea uneia pierdute trece prin câteva etape:

1. Acţiunea care urmează să fie engramată trebuie dezmembrată (se spune *„desintetizată"*) în părţile componente sau mai corect în părţi suficient de simple pentru a putea fi performate *corect*. Această idee este

baza viitoarei engrame căci se va antrena cu răbdare fiecare părticică din activitatea finală care poate fi corect executată. Deci desintetizarea acţiunii trebuie să coboare până la mişcarea (sau poate mişcările) care se pot realiza. Aceasta se performează lent, fără încărcare, cu urmărirea atentă nu numai a execuţiei, ci şi a senzaţiilor resimţite în timpul ei. Se antrenează cu răbdare prin sute şi mii de repetiţii aceeaşi mişcare. În acelaşi mod se procedează şi cu celelalte subunităţi ale acţiunii dezmembrate.

Iniţial, în această etapă, pacientul nu va putea monitoriza decât câte o singură componentă. Acesta trebuie să-şi observe corectitudinea execuţiei respectivei componente, să realizeze tot ce se întâmplă la nivelul execuţiei, să recepţioneze şi să-şi analizeze toate semnalele primite de la acel nivel.

Pentru o mişcare neantrenată (dar nu nouă) avem nevoie de cel puţin 500 msec pentru a o executa voliţional şi a o sesiza în toată complexitatea ei.

Pentru o mişcare complet nouă sau mai deosebită avem nevoie de câteva secunde.

2. Odată mişcarea înţeleasă şi realizată începe înmulţirea rapidă a numărului de repetiţii adică drumul spre automatizare. Dar, odată cu aceasta, poate să-şi facă apariţia *oboseala* – duşmanul oricărei coordonări, căci atrage diminuarea capacităţii de antrenament şi în special apariţia greşelilor în execuţie. Pentru aceasta antrenamentul va fi astfel condus pentru evitarea oboselii. Se fac 2-3-4 repetiţii urmate de pauză, mai apoi 5-6-10 şi pauză etc. Durata totală a antrenamentului va fi scurtată preferând reluarea şedinţei peste câteva ore.

3. În momentul în care pacientul execută perfect mişcarea antrenată fără să apară vreun semn de cocontracţie a altor muşchi se va creşte treptat efortul pentru acea mişcare: viteza de execuţie şi rezistenţa opusă urmărind continuu acurateţea mişcării. Orice incorectitudine se va regăsi mai târziu în engramă.

4. Se încep cuplările subunităţilor rezultate din desintetizarea acţiunii, subunităţii antrenate ca mai sus.

Cuplarea dă naştere unei noi mişcări, mai complexe, care va fi tratată în acelaşi mod ca şi subunităţile iniţiale. Acum se va reuşi să se realizeze 3-4 subunităţi pe secundă.

Apoi, după automatizarea unei prime cuplări, se trece la o altă cuplare, superioară ca abilitate, care de asemenea va fi antrenată pe aceleaşi principii. Performanţa va creşte la 5-6-7 subunităţi pe secundă.

Cu fiecare nouă introducere de altă subunitate din nou viteza de execuţie va trebui redusă ca şi rezistenţa, parametrii ce vor începe să fie recrescuţi în etapa următoare a antrenamentului.

În acest mod, din treaptă în treaptă, realizăm engrama care se va forma în sistemul extrapiramidal.

Dacă ar fi să subscriem la studiile lui Crossman (1959), acest proces de engramare cere sute, chiar mii de repetiţii pe zi pe o durată de cca 3 ani. Controlul voluntar l-am obţine după 30-50 000 repetiţii, iar engrama am fixa-o după 1-3 milioane repetiţii.

Evident că rolul principal îl va juca complexitatea acţiunii pe care vrem să o fixăm. Într-adevăr, dacă este să ne gândim la formarea engramelor unui

sportiv performeur, unui dansator sau virtuoz muzicant, ne dăm seama că termenul de 3 ani al lui Crossman este mai mult decât optimist.

Între precizia unei acţiuni şi viteza sau/şi intensitatea de execuţie rămâne permanent un antagonism. Din acest motiv, după realizarea engramei complete, antrenamentul se realizează prin execuţia treptată a acţiunii în regim de efort (vitezã şi rezistenţă) dar trebuind să rămână tot timpul în limita preciziei de execuţie.

Principiile formării coordonării sunt ubicuitare. Ele se respectă atât în formarea abilităţilor în copilărie sau pe parcursul vieţii, cât şi în antrenamentul de recâştigare a coordonărilor la persoanele cu diverse deficite funcţionale motorii. Este vorba mai ales de antrenamentul pe subunităţile desintetizate, antrenament lent şi fără rezistenţă şi cu repetiţii extrem de numeroase.

Problematica „coordonării" din cadrul controlului motor, respectiv a modalităţii de realizare a acesteia aşa cum s-a arătat mai sus, ridică un deosebit de important semn de întrebare asupra valabilităţii teoretice şi practice a unui întreg capitol din kinetoterapie şi anume a tehnicilor de facilitare.

După cum se ştie în tehnicile Kabat, Knott şi Voss, Brunnstrom, Fay etc. principiul de bază este să realizăm o răspândire a excitaţiei de la diverşi receptori pentru a crea în poolul motoneuronilor medulari o stimulare cât mai importantă pentru o execuţie motorie cât mai performantă. Aceste tehnici nu-şi propun nici un moment să atace *„deficitul de inhibiţie"* al muşchilor neparticipativi la schema de mişcare. Nu sunt preocupate deci decât de *„deficitul de excitaţie"*. S-a considerat (greşit) că dacă se reuşeşte prin tehnicile respective dezvoltarea unor performanţe motorii, mai apoi coordonarea se va dezvolta de la sine aşa cum se întâmplă în copilărie.

Aşa, spre exemplu, la pacienţii cu leziuni de neuron motor central, la adulţi după accidente vasculare cerebrale sau la copii cu paralizii cerebrale, tehnicile de facilitare se concentrează pe creşterea forţei „mobilizatorilor primari" (agoniştilor) fără nici o preocupare de a dezvolta o inhibiţie în musculatura antagonistă.

Se poate spune că tehnicile de facilitare neuroproprioceptive FNP crescând difuz activarea neuronală determină mai ales incoordonare căci nu realizează „zidul" de inhibiţie necesar coordonării.

Subliniem din nou că *singura cale* pentru a dezvolta inhibiţia activităţilor parazitare este numai repetiţia intensă printr-o practică prelungită în timp ce va dezvolta coordonarea dorită.

Plecându-se de la aceste aspecte teoretice, tehnicile FNP au fost criticate, iar mai apoi în jurul anilor '70 chiar făcute studii comparative ale inutilităţii, ba chiar a pericolului utilizării acestor tehnici (Rusk, Feldman şi mai ales grupul Stern, McDowell şi Miller). Aceştia au arătat pe loturi comparative că în patologia neuromotorie exerciţiile de refacere a amplitudinii de mişcare şi antrenamentul ADL (activităţile obişnuite zilnice) au dat rezultate bune indiferent de asocierea sau nu a tehnicilor de facilitare.

Nu intră în aceste aprecieri şi metoda Karel şi Berta Bobath care, aşa cum ştim, pleacă tocmai de la necesitatea creării unor puternice impulsuri

inhibitorii iniţiale pe fondul cărora să construim antrenamentul de excitaţie a „mişcării primare".

O problemă oarecum particulară, dar conexă cu discuţia de mai sus, o reprezintă reflexele spinale şi supraspinale*. Aceste reflexe sunt căi motorii de coordonare primitive (Fay, Kobat etc.) care devin „demodate", pentru omul actual modern ele rămânând în afara căilor corticospinale pentru coordonare (adică a engramelor).

Cu toate acestea, reflexele spinale şi supraspinale, care în fond sunt nişte engrame motorii, pot fi utilizate cu bune rezultate în recuperarea motorie a paraliziilor la debut. Prin ele sunt activaţi motoneuronii medulari în cadrul unei scheme preprogramate (răspunsul reflex).

Trecând peste tehnicile FNP ca şi peste cele de utilizare a reflexelor spinale şi supraspinale considerate clasic (dar criticate azi) ca metode de antrenare a coordonării, trebuie să amintim în continuare şi alte metode – procedee pentru acelaşi scop.

a) ***Mobilizările articulare şi poliarticulare*** derivate din tehnicile analitice antrenează muşchi şi grupe musculare care fac parte din scheme de mişcare obişnuite cum ar fi dublele şi triplele flexii sau extensii. În cadrul acestor mobilizări, se înscriu şi „exerciţiile Frenkel" pentru membrele inferioare executate din decubit, şezând şi ortostatism şi care cresc controlul proprioceptiv.

Procedeul mobilizărilor articulare se aplică şi la membrul superior ca şi pentru obiectivul special al refacerii prehensiunii, a penselor.

Toate principiile antrenării coordonării rămân valabile: mobilizări lente, fără încărcare, cu repetiţii multiple pe subdiviziuni de mişcări. Progresia se realizează prin creşterea vitezei şi a încărcării (rezistenţei) treptate.

b) ***Gestualitatea coordonată*** este, de fapt, continuarea sau un alt element de progresie a mobilizărilor poliarticulare. Antrenamentul prin această metodă înseamnă antrenarea la un loc a 2-3, apoi a mai multor subunităţi de mişcare care formează un „gest" coerent independent ca acţiune sau ca parte componentă a unei acţiuni complexe.

Un aruncător de suliţă nu va avea performanţă decât antrenând separat alergarea, ultimii paşi înainte de aruncare, poziţia braţului, balansul lui şi al trunchiului, aruncarea propriu-zisă.

Câştigarea unui „gest coordonat" este rezultatul unei activităţi musculare optimale, armonioase fixat ca engramă.

c) ***Terapia ocupaţională*** (TO) este prin definiţie metoda care supune antrenamentului de coordonare acele mişcări utilizate în viaţa de fiecare zi. În acest fel, TO orientează de la început antrenamentul spre o gestică binecunoscută şi fixată înainte de boală şi deci relativ mai uşor de recuperat. În plus, un astfel de antrenament este mai puţin monoton.

Rămâne ca să fie bine alese acele activităţi ocupaţionale adecvate refacerii coordonării urmărite. În această categorie intră şi reantrenarea mersului şi a prehensiunii.

---

* Despre aceste reflexe s-a mai discutat în diverse alte capitole şi va mai fi vorba chiar în acest capitol când se va vorbi de echilibru-posturi.

d) ***Coordonările paliative*** reprezintă o problemă care merită discutată separat. Este vorba de exersarea unor coordonări nefiziologice dar necesare într-un anumit moment. Astfel este adaptarea la mersul în cârje sau baston, la mersul cu o articulaţie ankilozată (de boală sau terapeutic), la mersul cu un picior paretic, la acţiuni care determină dureri etc. În toate aceste situaţii coordonarea paliativă deşi se abate de la fiziologic reprezintă un mijloc de compensare a deficitului respectiv. Deseori suntem în prezenţa dezvoltării engramatice a unor mişcări trucate pe care în alte conjuncturi nu trebuie să le acceptăm.

Rolul medicului sau al kinetoterapeutului în această coordonare paliativă este să o realizeze cât mai aproape de fiziologic şi să o abandoneze când motivaţia dispare.

F. Kottke a formulat câteva legi generale ale antrenamentului coordonării, unele discutate deja în contextul de mai sus:

Iată principalele legi ale lui Kottke în această problemă:

- Exerciţiile de coordonare trebuie să se execute de câteva ori pe zi, fără întrerupere, până ce coordonarea este obţinută;
- Orice contracţie a musculaturii care nu este necesară unei activităţi date trebuie evitată. A repeta contracţii pentru o astfel de musculatură înseamnă a o introduce în engrama activităţii respective – inhibiţia iradierii nu se mai produce, coordonarea va fi compromisă;
- Pentru a întări percepţia senzorială corectă a unei engrame corecte se vor utiliza toate mijloacele posibile: explicaţii verbale, înregistrări cinematice, desene etc.;
- Exerciţiile de coordonare cer concentrare din partea pacientului. Orice semn de oboseală sau chiar plictiseală este un indiciu de oprire a antrenamentului;
- Precizia unei mişcări nu necesită forţă mare, aceasta chiar prejudiciind coordonarea.

Cu cât rezistenţa opusă mişcării va fi mai slabă, cu atât iradierea excitaţiei în SNC va fi mai redusă, deci coordonarea mai bună.

Coordonarea prin ea însăşi este obositoare.

Dacă lucrăm în cadrul exerciţiilor de coordonare cu o forţă chiar sub 10% din forţa maximă a muşchilor, oboseala apare relativ repede.

10.5. *ECHILIBRUL CORPULUI**

(Mecanismele controlului postural)

O serie de boli neurologice, şi nu numai ele, pot determina perturbări ale controlului postural în special a posibilităţii de a menţine un ortostatism static sau dinamic. În aceste cazuri, spunem că pacientul are tulburări de

* O serie de noţiuni despre acest subiect sunt trecute şi în subcapitolul „Strategiile mişcării - Postura" din capitolul „Kinematică şi kinetică". De fapt, „echilibrul corpului" nu este decât un caz particular al procesului mare integrativ care este coordonarea.

echilibru („balance" în literatura anglo-saxonă, termen însă uneori folosit şi la noi ca „balans").

Echilibrul (balansul) s-ar defini ca „procesul complex ce interesează recepţia şi organizarea inputului sensorial ca şi programul şi execuţia mişcărilor, elemente ce asigură postura dreaptă adică menţinerea permanentă a centrului de gravitate în cadrul bazei de susţinere".

Sau mai pe scurt „echilibrul este abilitatea de a menţine sau a mobiliza corpul fără a cădea". Controlul permanent al posturii este o caracteristică a unui sistem nervos sănătos permiţând stabilitate şi iniţierea mişcărilor dorite. Orice perturbare în echilibru, în controlul postural alterează serios eficacitatea efectivă a acţiunilor noastre. De aceea, ameliorarea echilibrului afectat este *primul scop* al asistenţei de recuperare a pacienţilor care prezintă tulburări ale balansului.

Dorim să atragem atenţia că mai sus au fost utilizaţi doi termeni care ar părea sinonimi „echilibru" şi „stabilitate". Ei de fapt nu sunt sinonimi deşi nu ne-ar încurca prea mult folosirea unuia în locul celuilalt.

Echilibrul ar fi menţinerea liniei gravitaţionale a corpului înăuntrul poligonului de sprijin.

Stabilitatea ar fi proprietatea unui corp de a-şi recâştiga echilibrul fără să cadă, atunci când acesta este perturbat.

Această recâştigare de echilibru se face prin intervenţia sistemului musculo-scheletal. Stabilitatea este invers proporţională cu înălţimea centrului de gravitaţie al corpului şi direct proporţională cu mărimea bazei de susţinere.

Aşadar de fapt prin kinetoterapie noi avem ca obiectiv stabilitatea şi nu echilibrul pe care (exagerând puţin) îl putem obţine introducând corpul într-un cofraj.

Limita de stabilitate se întinde spre periferia poligonului de susţinere, moment în care se poate recăpăta echilibrul sau acesta să fie pierdut şi să se producă căderea.

În acest capitol, vom aborda acest subiect al „echilibrului" din mai multe unghiuri deoarece considerăm că importanţa acestei probleme este de prim ordin în kinetoterapie şi din păcate inexplicabil de neglijat.

10.5.1. *Contextul echilibru-dezechilibru*

Aristotel (384-322 î.H.), care ar trebui considerat părintele kinesiologiei, a avut intuiţia extraordinară de a înţelege interacţiunea între forţa musculară şi forţele externe impuse de mediu. El spune: „animalul care se mişcă îşi face schimbarea de poziţie prin presarea pe suprafaţa de sprijin".

După mai mult de 2000 de ani, Higgins (1985) spunea: „mişcarea este inseparabilă de structura care o susţine şi de ambientalul care o defineşte".

Menţinerea echilibrului poate fi considerată ca dependentă de 2 factori: individul şi mediul în care este plasat la un moment dat.

Capacitatea individului de a-şi menţine echilibrul se datorează receptorilor sensitivi periferici care aduc informaţii permanente asupra mediului, a poziţiei corpului faţă de acesta şi a segmentelor corpului faţă de corpul întreg.

Diversele acţiuni, mişcări, ale individului pot să-l aducă pe acesta la „limita de stabilitate" sau chiar să-l treacă peste această limită, deci pierzându-şi echilibrul. Cu alte cuvinte, gravitaţia devine condiţie sine qua non în orice pierdere a echilibrului cu cădere. În imponderabilitate dispare pericolul căderii.

Stabilitatea suprafeţei de sprijin, localizarea centrului de gravitate, limita de stabilitate, mărimea suprafeţei de sprijin, capacitatea de vizualizare a mediului înconjurător, activităţile motorii abordate de individ, integritatea şi interacţiunea mecanismelor controlului postural, iată principalele elemente care interferează echilibrul corpului ce poate fi pierdut în condiţii ce depăşesc valoarea limită a oricăruia din aceste elemente.

În concret, echilibrul dinamic este rezultatul a 3 factori:

a) Individul cu capacităţile lui anatomo-funcţionale;

b) Activităţile, mişcările, pe care individul le execută într-un moment dat;

c) Condiţiile mediului în care individul îşi performează activităţile.

Aceste condiţii realizează un model de sisteme ale controlului postural care este schematizat în figura 10.8. Acest model are o suită de componente care intră secvenţial în acţiune, având ca finalitate menţinerea sau recâştigarea echilibrului pe cale de a se pierde. Iată această secvenţialitate:

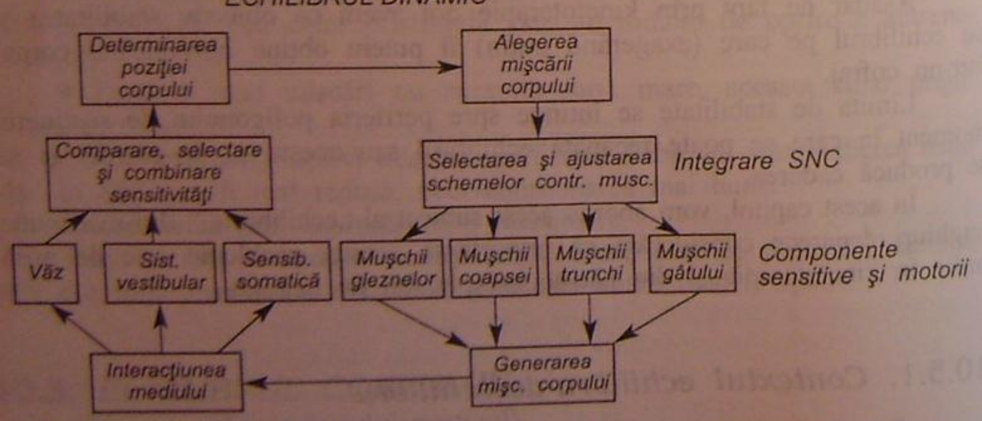


Fig. 10.8. – Modelul controlului postural (după NeuroCom International, Inc.).

10.5.1.1. *Recepţia inputurilor sensitivo-senzoriale*

Există 3 surse primare ale inputurilor periferice care contribuie la controlul postural, venite de la receptorii (bilaterali) somatosensitivi, vizuali şi vestibulari.

a) ***Sistemul somatosensitiv periferic*** este reprezentat de multitudinea receptorilor din articulaţii, muşchi, tendoane, ligamente, piele (adică extero- şi proprio-receptori) care informează centrul asupra lungimii muşchilor, stării de contracţie şi de tensiune musculară, poziţia segmentelor, temperatură, durere, presiune etc.;

b) ***Receptorii vizuali*** furnizează o suită de informaţii specifice care pot fi catalogate în 2 categorii:

- Centrale sau focale, în cadrul cărora se realizează orientarea în mediu, se percepe starea de verticalitate a corpului, prezenţa mişcării obiectelor din jur, ca şi toate condiţiile concrete întâmplătoare sau nu ale ambientalului care pot fi favorabile sau nu (vezi anexa cu reflexele şi reacţiile posturale);
- Periferice sau ambientale, în care văzul informează asupra mişcărilor proprii în raport cu mediul înconjurător ceea ce se realizează prin mişcările corpului (care la rândul lor declanşează o serie de reflexe posturale) ca şi prin legănatul postural. Recepţia vizuală creează posibilitatea anticipării acţiunilor.

c) ***Receptorii vestibulari*** (urechea internă) detectează şi informează asupra poziţiei corpului în raport cu linia gravitaţională ca şi în raport cu mişcările capului (flexie-extensie, rotaţie, latero-flexii). De fapt nu este vorba doar de reflexe vestibulare, ci şi (mai ales) reflexe cervicale ale poziţiei capului faţă de trunchi cum s-a mai discutat în această monografie şi cum se va putea înţelege din anexa la acest capitol.

Perturbarea sau pierderea recepţiei, transportului sau integrării centrale a inputurilor periferice sensitivo-senzoriale se înregistrează în boli neurologice diverse sau boli generale cu interesare şi neurologică (diabet, ateroscleroză). Desigur o categorie conturată este formată din bolile oculare de variate cauze dar care au ca rezultat cecitatea. O altă categorie conturată este reprezentată de bolile urechii interne.

10.5.1.2. *Percepţia centrală a informaţiei sensitivo-senzoriale*

Toate inputurile celor 3 sisteme de mai sus sunt integrate în structurile centrale sensitive care au menirea să *compare* informaţiile venite prin cele 3 sisteme, dar şi de pe cele 2 laturi ale corpului şi să realizeze organizarea într-un tot coerent informaţional.

Dacă aceste informaţii sunt sincrone şi congruente pot fi rapid „asimilate" şi analizate.

În lipsa unei corespondenţe, unei sincronizări între informaţiile primite, se creează un conflict senzorial, iar organizarea răspunsului devine mai dificilă căci, în primul rând, el trebuie să *„recunoască"* inadvertenţele şi să *„selecteze"* apoi inputurile corecte pe care s-ar putea baza răspunsul.

În final, centrii superiori trebuie să *combine* toate informaţiile puse la dispoziţie de receptori şi să creeze răspunsul care să realizeze echilibrul.

Aceasta înseamnă fixarea raporturilor între segmentele corpului şi, în primul rând, relaţia pe axul vertical, respectiv, relaţia capului cu trunchiul şi acesta cu membrele inferioare. De asemenea, înseamnă fixarea raportului între corp şi mediul respectiv, între picioare şi suprafaţa terenului pe care acestea stau, între mână şi bara de mână de care se sprijină, între întregul corp şi patul pe care acesta stă culcat etc.

Orice conflict informaţional între mediu şi individ (de ex. mersul cu un vehicul sau încercarea de a coborî din el din mers etc.), orice blocare informaţională de la una din sursele de input necesare echilibrului (sindrom vestibular, cecitate, ataxie sensitivă etc.) precum şi orice perturbare la nivelul centrilor care nu mai sunt capabili să facă *recunoaşterea, selecţia* sau *combinarea* informaţiilor (adică percepţia de către SNC), în toate aceste situaţii se instalează tulburările de echilibru.

10.5.1.3. *Programul (planul) motor central*

Dacă cele 2 procese de mai sus: recepţia periferică şi percepţia centrală făceau parte din sistemele sensitive ale sistemului nervos care pun în relaţie individul cu mediul său exterior, programul motor reprezintă etapa următoare şi logică prin care se realizează legătura între individ cu bagajul informativ şi activitatea fizică, mişcarea, ce trebuie executată sau altfel spus *„îndeplinirea scopului"*.

Ne găsim încă în faza de intenţie sau a elaborării „ideii" unei acţiuni (să urc scara, să mă aşez pe scaun, să iau un obiect de pe dulap etc. adică „ce vreau să fac"). Pasul următor este precizarea celei mai bune modalităţi de a face acea acţiune alegând din mai multe variante posibile (adică „cum trebuie să fac", să ridic de jos un obiect cu o mână (care) cu 2 mâini, să păşesc pe scară treaptă cu treaptă cu câte un picior sau cu sprijin bipodal pe fiecare treaptă etc.).

Planul motor se dezvoltă pe baza a 3 cunoaşteri:

– cunoaşterea de sine (a abilităţilor şi limitelor proprii);
– cunoaşterea precisă a scopului acţiunii de realizat;
– cunoaşterea mediului în care aceasta va avea loc (riscuri, oportunităţi).

Planul motor – odată elaborat – va fi transmis spre periferie la execuţie dar o „copie" a lui este trimisă cerebelului care va monitoriza dacă mişcările concrete periferice urmează, conform programului, monitorizare realizată prin feedbackurile sensitive care informează continuu ce se întâmplă la periferie, în ce raport se află mişcarea gândită, intenţionată, şi cea executată. Pe baza acestui raport se fac mereu corecturi care sunt retransmise la periferie.

Creierul continuă deci să acţioneze prin detectarea erorilor şi corectarea lor.

Patologia neurologică centrală perturbă uneori sever realizarea acestui program sau monitorizarea lui.

10.5.1.4. *Execuţia motorie periferică*

Execuţia acţiunii programate este realizată de tot aparatul locomotor în termeni de postură şi amplitudine de mişcare, de forţă musculară, de anduranţă, de coordonare şi abilitate. Toate acestea au scopul de a ţine corpul înăuntrul „limitei de stabilitate".

Orice deficit în amplitudinea normală de mişcare, în forţa musculară, în anduranţă pot compromite controlul postural şi echilibrul.

Activităţile care cer balansuri dinamice (întinderi, înclinări, ridicări etc.) necesită abilităţi crescute de menţinere a echilibrului postural. Printre aceste activităţi, *mersul* reprezintă activitatea comună care pune permanent la încercare normalitatea tuturor sistemelor de echilibrare.

10.5.1.5. *Alte influenţe*

Abilităţile de echilibru se pot antrena prin exerciţiu, putându-se ajunge la performanţe remarcabile. Experienţa este tot o formă de antrenament.

O serie de procese superioare corticale cum ar fi atenţia, gândirea, memoria, participă, mai ales în situaţii deosebite, la abilitatea balansului influenţând direct planul motor elaborat şi realizând anticipaţia controlului postural.

În plus, aceste procese facilitează „învăţarea" şi „reînvăţarea" abilităţilor pentru echilibru.

Invers, stările emoţionale, agitaţia, lipsa de concentrare pot duce la pierderi de echilibru în condiţiile unui sistem fiziologic de balans perfect normal.

10.5.2. *Componentele motorii ale echilibrului*

10.5.2.1. *Reflexele**

Mişcările producerii unei posturi normale se bazează mult şi pe reflexe de bază. Principalele sunt cele care contribuie la orientarea ochilor, capului şi corpului în concordanţă cu mediul.

– ***Reflexul vestibuloocular (RVO)*** care permite coordonarea mişcărilor ochilor şi capului. Astfel fixarea privirii pe un obiect în timp ce mişcăm capul. Putem rămâne cu privirea pe obiect datorită RVO. Idem dacă fixăm capul dar mişcăm ochii sau când mişcăm şi capul şi ochii;

---

* La sfârşitul capitolului, într-o anexă, sunt înlistate o serie de reflexe motorii cu debut în copilărie şi origine sigur genetică cu rol determinant în atitudinile reflexe, reacţiile ortostatice şi de echilibru.

– ***Reflexul vestibulospinal (RVS)*** asigură stabilitatea corpului când mişcăm capul, reflex deosebit de important (şi utilizat) în ortostatism pentru a fixa şi alinia trunchiul pe membrele inferioare.

Acest reflex permite orientarea dreaptă, în ax, a capului, corpului, ca şi a privirii înainte (totul în raport cu solul).

Reflexul de poziţie al capului în procesul de echilibru este reapreciat în ultimul timp. Mişcarea şi poziţionarea capului în schema de stabilizare a corpului este şi independentă de informaţia vizuală ca şi de cea somatosensitivă periferică (de ex.: o suprafaţă de sprijin mişcătoare). Mai mult, se constată că valoarea informaţiei sensitive necesare stabilităţii posturale şi echilibrului depinde în mare măsură de stabilitatea capului ca şi de mişcările trupului.

Di Fabio şi Emasithi A. (1997) au demonstrat că există o „strategie spaţială a stabilizării capului" responsabilă cu echilibrul în schimbările de mărime şi direcţie a deplasării centrului de gravitate al corpului. Autorii consideră că în schema de echilibru capul este primul care intră în joc mai ales la vârstnici în timpul momentelor dificile de echilibru.

Capul joacă rol esenţial în cadrul proceselor de referinţă: cel *„geocentric"* (orientarea pe verticală) al celui *„egocentric"* (orientarea capului în raport cu corpul) şi a celui *„exocentric"* (orientarea spre un obiect din mediu).

10.5.2.2. *Răspunsuri posturale automate*

Ceva mai înainte se sublinia necesitatea de a face deosebire între „echilibru" şi „stabilitate". Într-adevăr, în ortostatism suntem în *echilibru* atâta timp cât vectorul greutăţii corpului (linia gravitaţională) cade în interiorul suprafeţei de sprijin şi suntem *stabili* atâta timp cât sistemul musculoscheletal se poate acomoda cu perturbările de echilibru şi readuce corpul în poziţie de echilibru.

Dacă menţinerea echilibrului se realizează prin receptorii şi sistemele mai sus discutate, refacerea stabilităţii se realizează prin răspunsuri posturale automate. Aceste răspunsuri declanşate de organism la orice tendinţă a ieşirii centrului de gravitate din poligonul de sprijin reprezintă mişcări stereotipe, dar adaptate fiecărui stimul care determină o tendinţă de dezechilibrare. (Vezi anexa cu reacţiile automate la tendinţele de dezechilibru.)

Spre exemplu, la un stimul care dezechilibrează corpul spre stânga, reacţia de răspuns postural va fi în sens contrar, spre dreapta şi va fi, cu atât mai intensă cu cât stimulul a fost mai intens. Există deci un raport de intensitate direct între intensitatea stimulilor dezechilibratori şi răspunsurile posturale automate. De obicei, dezechilibrele se fac în planul antero-posterior şi tot în acest plan se fac şi răspunsurile posturale automate.

Aceste răspunsuri apar foarte repede, sub 250 msec, ceea ce exclude orice componentă de control voliţional.

Horak şi colab. (1986) studiind reacţiile automate de redresare le-au numit *„strategiile dinamice"* de menţinere a echilibrului (în ortostatism) deosebind 4 tipuri de strategii (fig. 10.9.) care se desfăşoară în secvenţialitate în funcţie de intensitatea stimulului dezechilibrator. În ordine, acestea sunt:

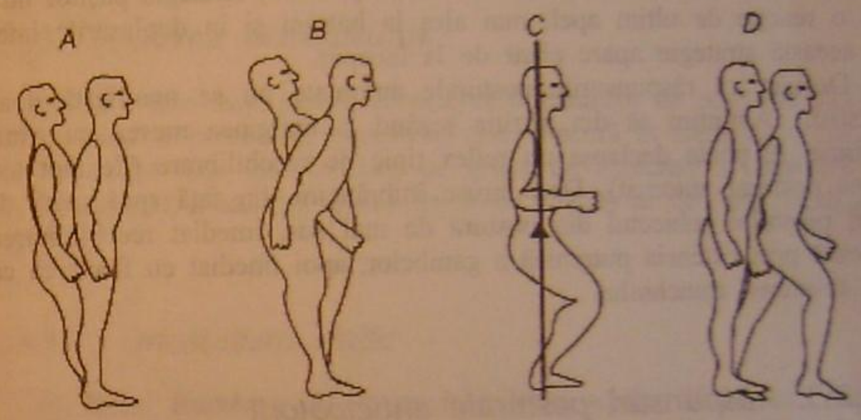


Fig. 10.9. – Strategii posturale: *A* = strategia gleznelor; *B* = strategia şoldurilor; *C* = strategia suspensiei; *D* = strategia păşitului (după Hasson S.).

a) ***Strategia gleznelor:*** este vorba de acele mici oscilaţii ale corpului la nivelul gleznelor (antero-posterior) pentru anihilarea tendinţei la dezechilibrare şi readucerea corpului în poziţie rectilinie. Dezechilibrul este mic.

Schemele de contracţie musculară pentru redresare sunt ascendente (disto-proximale) realizând presiuni pe sol suficiente pentru menţinerea corpului fără deplasarea acestuia sau a picioarelor;

b) ***Strategia şoldurilor*** apare când redresarea doar prin strategia gleznelor nu este suficientă. Se concretizează prin oscilaţii ale trunchiului şi pelvisului deasupra coxofemuralelor. Capul şi şoldurile se mişcă în direcţii opuse în această redresare.

Schema de contracţii musculare este proximo-distală (muşchii abdominali-cvadricepşi-tibial anterior).

Strategia şoldurilor poate conţine mişcări intense ale trunchiului în dezechilibre largi, rapide, la limita stabilităţii. De aceea, unii autori vorbesc în aceste cazuri de o *„strategie a trunchiului"*.

c) ***Strategia suspensiei*** urmăreşte coborârea centrului de gravitate al corpului către baza de susţinere şi se realizează prin flectarea genunchilor. Este o strategie nu atât de reacţie instantanee ca celelalte cât mai mult de fixare într-o postură favorabilă menţinerii stabilităţii în condiţii speciale (ex.: din stând în picioare într-un vehicul care se deplasează, la ski etc.), adică în situaţii combinate între mişcare şi stabilitate.

d) ***Strategia paşilor*** adică executarea a 1-3 paşi mici în momentul pierderii echilibrului. Este un mecanism de ultim apel când linia gravitaţională

este deja ieşită după limita stabilităţii. Deseori se asociază şi mişcări ale braţelor.

Apare şi în dezechilibrele antero-posterioare (mai mari) şi frecvent în cele laterale în care caz celelalte strategii au un rol foarte mic.

Reamintim că frecvent căderile bătrânilor au la bază tocmai aceste dezechilibre laterale.

După unii cercetători (Maki B., McIlroy, 1997) strategia paşilor nu este deloc o reacţie de ultim apel, mai ales la bătrâni şi în deplasările laterale, când această strategie apare chiar de la început.

Desigur că răspunsurile posturale automate nu se manifestă doar în ortostatism. Amintim că din poziţia şezând la marginea mesei, cu gambele în atârnat, se poate declanşa un reflex tipic de reechilibrare (de fapt tot un răspuns postural automat). Dacă brusc îmbrâncim din faţă spre spate de la nivelul pieptului subiectul din postura de mai sus, imediat reechilibrarea se realizează prin extensia puternică a gambelor, apoi imediat cu flectarea capului şi revenirea trunchiului.

10.5.2.3. *Răspunsuri posturale anticipatorii*

Sunt asemănătoare răspunsurilor posturale automate, dar precedă perturbarea de echilibru în cazul în care această perturbare este previzibilă în contextul mediului. Organismul îşi ia în avans un „set" de măsuri posturale de contracarare, măsuri automate stocate din experienţa acumulată în viaţă.

Să presupunem că întindem mâna să primim un obiect pe care informaţia vizuală ne arată că ar avea o anumită greutate. În programul de mişcare intră şi valoarea forţei musculare pentru preluarea obiectului. Să ne imaginăm că de fapt acel obiect este umplut cu plumb sau mercur, adică foarte greu. Rezultatul este că ori îl scăpăm din mână, ori ne pierdem pentru moment echilibrul.

Exemplul putea fi dat şi invers (obiect mult mai uşor decât ne imaginam şi eram pregătiţi să-l preluăm).

Acest răspuns anticipator nu este voliţional, ci intră în engrama mişcării respective.

10.5.2.4. *Mişcări posturale voliţionale*

Există multiple situaţii în care în mod conştient determinăm perturbări ale echilibrului prin translarea liniei gravitaţionale a corpului spre limita stabilităţii.

Aceste situaţii pot apărea în cadrul realizării unor activităţi curente sau impuse, pot apărea lent sau destul de brusc. Răspunsurile corectoare sunt însă anticipate conştient.

În kinetoterapie şi anume în programele de antrenare a controlului motor se folosesc curent astfel de ruperi conştiente de echilibru tocmai pentru a perfecţiona reflexele de redresare. Acest tip de exerciţii sunt denumite deseori „exerciţii neuroproprioceptive", denumire doar parţial exactă, deoarece dezechilibrele fiind produse voit se asociază încă anticipativ comenzile de contracarare voliţionale.

10.5.3. *Testarea echilibrului*

Există multe teste pentru aprecierea tulburărilor de echilibru explicabile de altfel datorită proceselor complexe care concură la menţinerea stabilităţii. Vom selecta pe cele mai utilizate pe grupe de apreciere a controlului postural. În general, testul se repetă de 3 ori luându-se cea mai bună performanţă.

10.5.3.1. *Ortostatism static*

a) ***Testul Romberg*** clasic, cu închiderea ochilor 20-30 sec, picioarele lipite. Se apreciază gradul de legănare. Variante cu aşezarea picioarelor unul înaintea altuia;

b) ***Testul „brânciului"*** se execută în două moduri:

– din orto ca la Romberg aplicăm scurte împingeri neanunţate pacientului la nivelul sternului, în spate, pe bazin, din lateral şi apreciem stabilitatea;

– idem, dar cerem pacientului să se opună, să nu se lase împins.

c) ***Testul unipodal,*** într-un picior cu braţele încrucişate pe piept, se cronometrează cât îşi poate ţine echilibrul (30-150 sec). Se poate complexa flectând genunchiul.

d) ***Testul stressului postural*** – o chingă legată de talie şi având în spate un inel de care este prinsă o coardă care trece peste un scripete. La capătul coardei se atârnă nişte greutăţi care reprezintă 1,5%; 3%; 4,25% din greutatea corpului. La nivelul călcâielor este trasă o linie. Cronometrare cât rezistă şi nu balansează înainte braţele, nu apleacă trunchiul, nu face pasul sau paşii îndărăt sau dacă chiar nu este gata să cadă (fig. 10.10.).

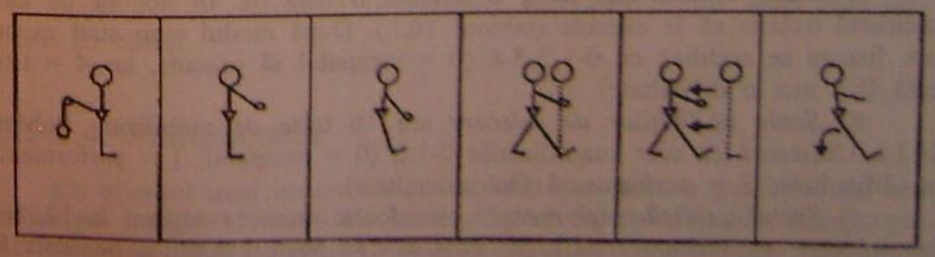


Fig. 10.10. – Testul stressului postural (după Whipple R.).

10.5.3.2. *Ortostatism activ*

Testul întinderii membrului superior foarte utilizat mai ales la vârstnici. În orto lipit cu umărul de un zid, picioarele paralele. Braţul anteflectat la 90° (cot întins) lipit de zid. Se începe aplecarea înainte cu avansarea membrului superior maxim posibil, fără pierdere de echilibru. Se notează pe zid nivelul atins de vârful degetelor. Se măsoară distanţa de la nivelul iniţial al vârfului degetelor până la cel final (fig. 10.11.). Din această categorie, există câteva teste prin înregistrări computerizate dar sunt utilizate doar în studii.

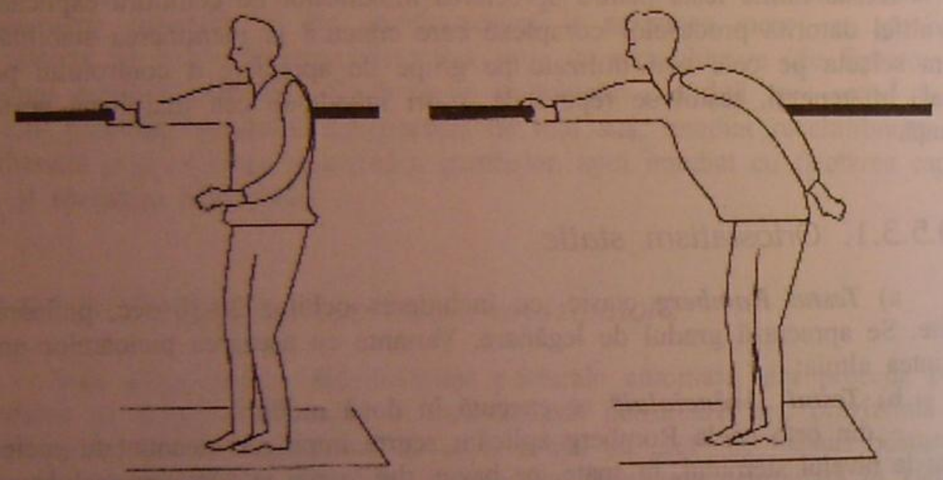


Fig. 10.11. – Testul întinderii membrului superior.

10.5.3.3. *Bilanţuri funcţionale*

Sunt frecvent utilizate în serviciile de specialitate aducând informaţii complexe căci pacientul este pus să îndeplinească o serie de acţiuni care cer oarecare abilităţi. După modul de execuţie, clinicianul poate aprecia deficitele funcţionale şi în acelaşi timp să aibă o importantă apreciere a ceea ce va trebui să cuprindă programul de recuperare:

a) ***Scala echilibrului Berg*** reprezintă o listă de 14 acţiuni pe care pacientul trebuie să le execute (tabloul 10.I.). După modul cum sunt executate fiecare se codifică cu 0-1-2-3-4 (0 = incapabil să execute, iar 4 = execută fără nici o dificultate).

b) ***Scala abilităţilor de mişcare*** are 10 teste de mobilizare (tabloul 10.I.). Utilizează ca scor cuantificările 0-1-2 (0 = incapabil; 1 = performează cu dificultate; 2 = performează fără dificultate).

c) ***Testul „ridică-te şi mergi"*** este foarte frecvent utilizat la bătrâni, hemiplegici etc. (tabloul 10.I.). Şi acest test se poate cuantifica pe scala 0-1-2-3. Practic, el se desfăşoară astfel: pacientul stă pe scaun, i se comandă

TABLOUL 10.I

BILANŢURI FUNCŢIONALE

Activitate	*Test Berg*	*Abilităţi de mişcare*	*Testul „ridică-te şi mergi"*	*Testul de echilibru Tinetti*
1. Şezând nesprijinit	x	x	-	x
2. Ridicare din şezut	x	x	x	x
3. Aşezat din orto	x	-	x	x
4. Transferuri	x	x	-	-
5. Stând în orto nesprijinit	x	x	x	x
6. Stând cu ochii închişi	x	-	-	x
7. Stând cu picioarele lipite	x	-	-	-
8. Stând cu un picior în faţa celuilalt	x	-	-	-
9. Stând în unipodal	x	-	-	-
10. Rotaţia trunchi din stând	x	-	-	-
11. Culege un obiect de pe sol	x	x	-	-
12. Întoarcere la 360°	x	-	-	x
13. Picior pe scăunel	x	-	-	-
14. Întinderea înainte din stând	x	x	-	-
15. Întinderea înainte din şezând		-	-	-
16. Mers		x	x	
17. Oprire bruscă		-	x	-
18. Mers şi apoi întoarcere		x	x	-
19. Pas peste obstacole		x	-	-
20. Urcat scări		x	-	-
21. Îmbrâncire sternală		-	-	x

să se ridice în picioare (fără sprijin), să meargă 6-10 m; să se întoarcă şi să se reaşeze pe scaun. Durata acestor acţiuni se poate cronometra.

d) ***Testul de echilibru Tinetti*** cu 2 sau 3 grade de apreciere (0-1 sau 0-1-2) apreciază acţiunile trecute de asemenea în tabloul 10.I.

e) ***Testul de mers Tinetti*** este o analiză a câtorva componente ale mersului care se poate face la viteza obişnuită a pacientului sau şi vitezã crescută (tabloul 10.II.). Şi la acest test, gradele de apreciere pot fi 0-1 sau 0-1-2. Deseori ambele teste Tinetti sunt asociate dând o mai bună apreciere.

f) ***Scala evaluării mersului*** este ceva mai complexă decât testul de mers Tinetti aşa cum se vede din tabloul 10.II., căci se introduc o serie de mişcări automate din mers ale articulaţiilor membrelor inferioare şi ale membrelor superioare. Scala de grade de apreciere este 0-1-2-3 în care însă 0 este normalitatea şi 3 aspectul cel mai grav.

Evaluarea se realizează la vârstnici mai ales pentru aprecierea pericolului de căderi.

10.5.3.4. *Posturografia*

Cu ajutorul unui aparat computerizat format dintr-o platformă cu senzori se pot înregistra variaţii ale liniei gravitaţionale a corpului. Orice deplasare, chiar minoră, a corpului va antrena deplasări ale proiecţiei liniei gravitaţionale a corpului în interiorul bazei de susţinere. Aceste deviaţii sunt imediat vizualizate pe monitorul computerului.

TABLOUL 10.II

TESTAREA MERSULUI

Activităţi de mers	*Scala Tinetti de mers*	*Scala evaluării mersului*
1. Iniţierea mersului	x	x
2. Lungimea pasului	x	x
3. Înălţimea pasului	x	-
4. Simetria pasului	x	x
5. Continuitatea pasului	x	x
6. Devierea traseului mersului	x	x
7. Trunchiul (mişcare)	x	x
8. Distanţa între călcâie în mers	x	-
9. Clătinare	-	x
10. Atacul cu călcâiul	-	x
11. Mişcarea coxofemurală în mers	-	x
12. Mişcarea genunchiului în mers	-	x
13. Extensia cotului în mers	-	x
14. Extensia umărului în mers	-	x
15. Abducţia umărului în mers	-	x
16. Sincronizarea atac călcâi-braţ	-	x
17. Înaintarea capului în mers	-	x
18. Menţinerea ridicată a umerilor	-	x
19. Flectarea trunchiului în mers	-	x

Cu această metodă se pot analiza echilibrul şi stabilitatea în condiţii variate (cu ochii închişi, cu sprijin ferm sau nu, în diverse poziţii ale corpului, în imobilitate, în mobilizări în lanţ închis etc.). Din păcate, aparatura este destul de costisitoare. Metoda este excelentă (probabil chiar unică) pentru depistarea impostorilor.

10.5.4. *Recuperarea echilibrului*

Pierderea echilibrului mai ales în ortostatism şi mers apare ca o regulă în bolile neurologice centrale şi periferice, dar şi în afecţiuni ale aparatului locomotor care prejudiciază mobilitatea sau forţa membrelor inferioare. Aceste aspecte sunt desigur uşor de înţeles şi evidenţiat. Se pierde însă uşor din vedere că afectarea şi a altor segmente poate avea urmări negative asupra echilibrului. Astfel, sunt suferinţele lombare cu dureri şi blocare care nu mai permit mişcările de redresare ale trunchiului. De asemenea, leziuni cervicale care anihilează reflexele poziţionale ale gâtului în raport cu corpul. Aceste aspecte se evidenţiază foarte bine când trebuie să se aplice o minervă. În această situaţie, primul obiectiv de recuperare este tocmai refacerea echilibrului în noile condiţii de statică.

Toate aceste suferinţe interferează sistemul sensitiv periferic proprioceptiv sau/şi exteroceptiv declanşând pierderea controlului echilibrului.

În sfârşit, tulburările senzoriale, de vedere, suspendând unul din factorii controlului echilibrului desigur că vor determina perturbarea acestuia, după cum suferinţele vestibulare reprezintă un alt factor determinant al dezechilibrului.

În prezenţa unui bolnav cu tulburări de echilibru trebuie să analizăm 2 aspecte:

1. care sunt bolile şi mecanismele prin care acestea au instaurat tulburarea de echilibru;

2. cât de severă este această tulburare, apreciere realizată prin câteva testări din cele descrise.

Practica medicală a dovedit că pierderea de echilibru poate fi recuperată cel puţin parţial (dacă nu total) în cele mai multe situaţii printr-un antrenament adecvat.

Principiile recuperării stărilor de dezechilibru se pot contura astfel:

a) Pentru antrenarea unuia din sistemele responsabile cu menţinerea echilibrului se suspendă un altul pentru a-l forţa pe primul să intre cât mai mult în joc. Astfel, când există tulburări ale feedbackului periferic se vor face exerciţii de ortostatism şi mers în întuneric sau cu ochii acoperiţi.

b) Dacă un membru inferior este mai afectat decât celălalt (ex. în hemiplegie) putem antrena echilibrul membrului afectat în 2 feluri:

- oferindu-i acestuia încărcări şi situaţii de solicitare;
- dezavantajând membrul sănătos (sau mai sănătos) sub raport al echilibrului pentru a forţa transferul de echilibru pe membrul inferior cel mai afectat. Aşa, spre exemplu, din stând în sprijin pe o treaptă sau o minge cu piciorul sănătos.

c) Antrenamentele se vor face atât pe suprafeţe stabile, cât şi instabile (fig. 10.12.).

d) Se va căuta mereu ca exerciţiile să se facă variind înălţimea centrului de gravitate (cu cât este mai aproape de suprafaţa de sprijin va determina un echilibru mai bun);

e) Membrele superioare şi trunchiul vor fi utilizate fie ca stabilizatori, fie ca destabilizatori pentru echilibru;

f) Se urmăreşte câştigarea unei abilităţi motorii funcţionale, adică cu reflexe adaptabile prin antrenament şi experienţă, căci echilibrul nu se bazează pe un set de reflexe fixate, inflexibile, deşi astfel de reflexe reprezintă suportul pe care se perfecţionează echilibrul.

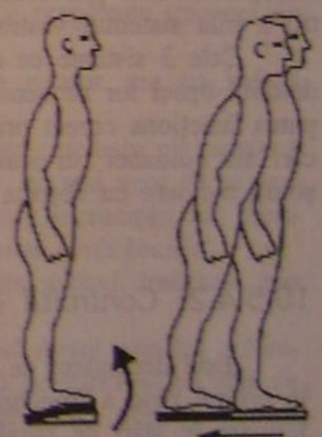


Fig. 10.12. – Suprafaţa instabilă pentru antrenarea-testarea echilibrului (după Hasson S.).

Programul complex de recuperare al echilibrului se compune din diverse subprograme de antrenare a diverselor componente somatosensitivosenzoriale care asigură echilibrul postural.

10.5.4.1. *Antrenarea sistemelor sensitivo-senzoriale*

Cele 3 sisteme descrise (vizual, somatosensitiv şi vestibular) când realizează inputurile proprii, corecte, notăm această situaţie cu raportul complet

de 3/3. Dacă echilibrul este menţinut doar de 2 dintre ele, raportul va fi 2/3, iar dacă echilibrul se bazează doar pe informaţia venită de la unul singur, avem un raport de 1/3.

a) ***Antrenarea informaţiilor somatosensitive*** se realizează prin perturbarea văzului, individul stând pe o suprafaţă stabilă. Putem suspenda văzul aplicând o bandă pe ochi sau lucrând în întuneric. Sau putem doar destabiliza văzul solicitând mişcările capului şi ochilor fie prin unele activităţi (citit, aruncat şi prins o minge), fie prin stimulări optokinetice (mişcând o lumină sau o perdea în dungi sau mişcând ochii jur-împrejur);

b) ***Antrenarea informaţiilor vizuale*** se face perturbând inputul somatosensitiv periferic în timp ce se menţine stabil câmpul vizual (precis direcţionat). Perturbarea inputului somatosensitiv se realizează prin: aşezare/ridicare de pe un balansoar, platformă mişcătoare etc.;

c) ***În antrenarea inputurilor vestibulare*** trebuie să perturbăm mediul ambiental pe celelalte 2 căi de informaţie: vizual şi somatosensitiv, în timp ce informaţiile vestibulare sunt stabile (detectarea poziţiei capului). Se utilizează platforme instabile + ochii închişi (sau mişcându-i în toate direcţiile). Se poate creşte dificultatea exerciţiului dacă adăugăm extensia şi rotaţia gâtului, ceea ce plasează organul vestibular în poziţie (unghi) dezavantajoasă.

Exerciţiile obişnuite vestibulare includ mişcările repetate ale capului în direcţiile în care provoacă ameţeli, crescând viteza şi numărul mişcărilor pentru a irita sistemul vestibular.

Cele 3 sisteme ce controlează echilibrul pot lucra defectuos, uneori nu datorită lipsei lor de sensibilitate, ci faptului că sunt puse în situaţii de a nu putea funcţiona corect prin diverse perturbări organice locale, cum ar fi: blocări ale coloanei cervicale, redori sau limitări de mişcări articulare (gleznă, şold), picioare cu defecte de statică care nu au contact complet cu solul etc.

10.5.4.2. *Controlul centrului de gravitate (greutate)*

Este dependent de starea biomecanică a sistemului musculo-scheletal şi în primul rând a trunchiului şi capului, dar şi a membrelor superioare şi inferioare în stări de paralizie sau afectări articulare.

Capul-gâtul-trunchiul (structurile axiale ale corpului) contribuie la echilibru prin:

– menţinerea poziţiei liniei de mijloc a corpului;
– asigurarea rotaţiei în jurul acestei linii;
– permiterea ieşirii din linie cu revenire fără să se piardă echilibrul.

„Linia de mijloc" reprezintă punctele unde componentele corpului din stânga/dreapta şi în faţă/în spate sunt centrate în toate planurile: medial/lateral, anterior/posterior, rotator şi de înclinare pe o parte.

Controlul centrului de greutate porneşte de la posturile cele mai stabile spre cele mai puţin stabile (în 4 labe, sprijin pe coate, în genunchi,

şezând cu sprijin într-o parte pe o mână, într-un genunchi etc.) adică cu suprafaţă de sprijin tot mai mică şi cu ridicarea centrului de greutate. Reducerea suprafeţei de sprijin merge până la postura unipodală (eventual chiar pe vârful piciorului sau pe călcâi).

Controlul centrului de greutate se începe chiar din copilărie, prin apariţia şi dezvoltarea „reacţiilor de echilibru" care intervin prompt ori de câte ori CG este deplasat. Intervenţia lor determină mişcări opuse compensatorii ale capului, trunchiului, membrelor cu scopul refacerii stabilităţii.

Evolutiv aceste reacţii apar iniţial în poziţie pronată (la cca 6 luni), apoi din culcat, decubit dorsal (6-12 luni), din şezând (6-7 luni), din patrupedie (9-12 luni) şi apoi din stând în orto (12-21 luni). Există bineînţeles variaţii ale acestei scheme. Toate aceste reacţii vor persista toată viaţa devenind engrame în cortexul cerebral (vezi anexa de la sfâşitul capitolului).

1. ***Echilibrul din şezând.*** Pelvisul şi feţele posterioare ale coapselor ± tălpile când stau pe sol reprezintă baza de susţinere a corpului. Ea poate fi mărită prin sprijinul pe mâini. Mişcările antero-posterioare din această poziţie se realizează pe axul care trece prin cele 2 coxofemurale.

Bascularea anterioară a pelvisului cu aplecarea înainte pregăteşte trecerea din poziţia şezândă în orto (echilibrul este asigurat de o extensie concomitentă a trunchiului superior). Translarea greutăţii corpului lateral prin bascularea laterală a pelvisului depăşind „linia de mijloc" pregăteşte trecerea din poziţie şezândă în culcat.

Echilibrul din şezând se antrenează pe scaun rotator sau cu balans, şezând pe o minge etc.

Ca progresie pornind de la un maxim de sprijin (inclusiv picioarele şi mâinile) se ridică un picior, ambele, o mână, ambele, ca mai apoi să se execute „ieşiri" din linia mediană a membrelor (unul-toate), încrucişări ale membrelor inferioare etc. Se utilizează de asemenea tehnica „îmbrâncirii".

În final se antrenează diverse activităţi uzuale din şezând: îmbrăcat, pus ciorapi-pantofi etc.

2. ***Echilibrul la transferul din şezând în stând (orto)*** implică schimbări importante în nivelul centrului de greutate (CG) deasupra suprafeţei de sprijin care trebuie să treacă de pe şezut pe picioare. Dacă această trecere este perfect simetrică (încărcare egală a membrelor inferioare) atunci CG rămâne lângă linia mediană. În caz de deviaţie, ea este urmarea încărcării inegale a membrelor inferioare ca în hemiplegie, dureri articulare, pareze etc.

Pentru a reantrena membrul afectat, membrul sănătos va fi dus puţin mai în faţă la ridicarea de pe scaun, ceea ce va determina o solicitare crescută (antrenare) a celui cu deficienţe. Progresia antrenamentului de echilibru se face prin excluderea participării membrelor superioare ca şi mărind viteza de ridicare de pe scaun.

3. ***Echilibrul din stând*** (ortostatism) se bazează pe suprafaţa poligonului format de picioare. Menţinerea CG în cadrul acestui poligon se realizează prin strategia gleznelor şi şoldurilor de care s-a mai vorbit.

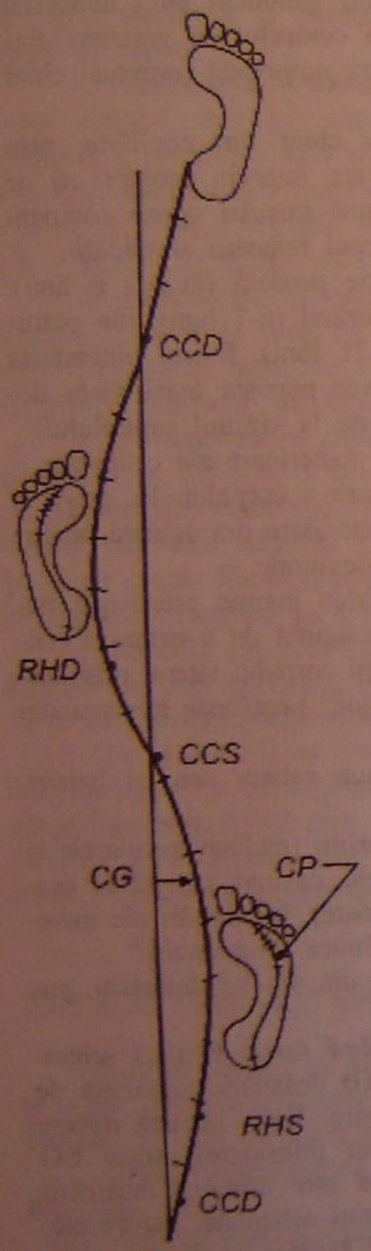


Fig. 10.13. – Traiectoria centrului de gravitate în ciclul de mers.
CG = centrul de gravitate; *CP* = centrul de presiune în mers; *CCD* = contact călcâi dr.; *CCS* = contact călcâi stg.; *RHD* = ridicarea halucelui dr.; *RHS* = ridicarea halucelui stg. (după Patla A.).

Antrenarea echilibrului este foarte variată: micşorare de poligon, scoaterea membrelor superioare în afara lui, imprimarea unor balansări pe picioare tot mai ample cu revenire, creşterea vitezei acestor mişcări, mişcări de flexie-extensie ale membrelor inferioare din stând (lanţ kinetic închis) sau doar din unipodal, sprijin pe o placă care se mişcă sau pe o minge etc.

4. ***Echilibrul în mers*** (de care s-a mai discutat şi la alte capitole) este cel mai precar, dată fiind alternanţa unipodală cu o suprafaţă mică de sprijin şi cu CG-ul cel mai ridicat şi care descrie o traiectorie sinusoidă în timpul mersului, cum se vede în figura 10.13.

Mersul cu baston mărind baza de susţinere uşurează mult echilibrul.

Antrenarea echilibrului mersului se face micşorând suprafaţa de sprijin (mers pe vârfuri, pe călcâie, pe marginea piciorului), mergând cu paşii pe aceeaşi linie (în tandem) sau cu paşi încrucişaţi. Mersul pe o bară de asemenea cere un bun echilibru, ca şi mersul pe un teren alunecos (astfel de terenuri se creează şi artificial pentru antrenament). Creşterea vitezei de mers este un important mijloc de progresie a antrenamentului, motiv pentru care covorul rulant a devenit cel mai utilizat aparat de antrenament.

Schimbările de ritm în mers intră de asemenea în programul de antrenament, ca şi mersul în timp, ce se citeşte sau se priveşte în jur – reţinând însemnele puse special.

10.6. *REFLEXE ŞI REACŢII MOTORII*

După naştere, copilul mic dezvoltă o serie de reflexe şi reacţii motorii care îl adaptează mediului evoluând treptat spre independenţă şi spre activitate motorie direcţionată unor scopuri precise.

Fundamentul genetic al acestor reflexe este greu de combătut.

Copilul dezvoltă 3 tipuri de reflexe motorii principale:

a) ***Reflexe de atitudine,*** care determină programele de bază pentru trunchi şi extremităţi.

Aceste reflexe sunt programate în trunchiul cerebral, menţinând posturile. Dintre aceste reflexe fac parte reflexele tonice simetrice şi asimetrice ale gâtului, reflexele labirintice etc.

b) ***Reacţii de rectitudine*** prin care se menţine corpul drept în spaţiu.

Se formează în mezencefal şi sunt reprezentate de reacţiile optice de rectitudine, labirintice de rectitudine, ale capului şi corpului etc.

c) ***Reacţii de echilibru*** prin care se controlează centrul de gravitate al corpului. Sunt programate în cortexul cerebral şi sunt reprezentate de reflexele din poziţie de decubit ventral, decubit dorsal, şezând, stând în orto, din cvadripedie etc.

Marea majoritate a acestor reflexe şi reacţii se menţin toată viaţa, uneori ca atare, alteori mai complexate prin engrame de apărare, de coordonare sau echilibru.

În continuare se vor prezenta principalele astfel de reflexe şi reacţii.

1. ***Reacţia de rectitudine (îndreptare) optică***

Apare = de la naştere la 2 luni şi e completă la 8 luni. Persistă toată viaţa.

Poziţionare = se ţine copilul vertical de sub axile în aer.

Procedură: se înclină copilul anterior-posterior-lateral 45° sau mai mult de verticală, capul căzând înainte, înapoi sau lateral.

Răspuns = capul se va orienta în poziţie verticală şi se va menţine în mediu la verticalitate.

Semnificaţie = această reacţie ne permite să îndreptăm capul şi corpul peste orizontală. Acţiunea aceasta este ajutată şi de alte reflexe şi reacţii, care vor fi şi ele prezentate.

2. ***Reacţia de redresare (îndreptare) a corpului în raport cu capul***

Apare = de la naştere la 2 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = fără importanţă.

Procedură = se observă copilul în toate acţiunile lui.

Răspuns = permanent copilul redresează capul în raport cu corpul.

Semnificaţie = controlul capului în raport cu corpul se realizează indiferent de poziţia corpului (decubit, şezând, patrupedie etc.).

Această reacţie se combină cu cea dinainte ca şi redresarea labirintică a gâtului.

3. ***Reflexul simetric tonic al gâtului***

Apare = între 4 şi 6 luni şi durează 10-12 luni (?)

Poziţionare = patrupedie pe sol.

Procedură = se face flexia, apoi extensia capului.

Răspuns = flexia va determina extensia extremităţilor superioare şi extensia celor inferioare, iar extensia capului invers.

Semnificaţie = este reflexul care seamănă cu crowlul şi ajută copilul în patrupedie.

4. ***Îndreptarea (redresarea) capului labirintică***

Apare = de la naştere la 2 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = se ţine copilul vertical de sub axile.

Procedură = se înclină anterior, posterior şi lateral cu cca 45° de la verticală, capul căzând în aceste direcţii.

Răspuns = capul se orientează vertical şi se menţine aşa.

Deci, la fel ca reacţia de rectitudine optică.

Semnificaţie = acest reflex permite corpului să se mişte liber în jurul capului şi orientează corpul în poziţie dreaptă. De asemenea permite ridicarea capului din postura de decubit ventral sau dorsal.

5. ***Îndreptarea completă a gâtului faţă de corp***

Apare = între 4 şi 6 luni şi durează cca 5 ani, până când copilul poate sta în orto fără rotare.

Poziţionare = decubit dorsal.

Procedură = se flectează capul şi se rotează lent până ce obrazul ajunge pe umăr. Se menţine aşa până apare răspunsul, apoi se execută mişcarea în partea opusă.

Răspuns = copilul începe să ruleze înspre partea rotaţiei capului, la început umerii, apoi trunchiul şi în final pelvisul.

Semnificaţie = posibilitatea copilului de a se rota în jurul axei sale.

6. ***Plasarea vizuală***

Apare = între 3 şi 5 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = se ţine copilul vertical sub axile.

Procedură = se aduce copilul lângă o suprafaţă de sprijin (la nivelul picioarelor).

Răspuns = copilul va pune picioarele pe această suprafaţă.

Semnificaţie = reprezintă tendinţa spre mersul independent. Asimetria de răspuns cere examen neurologic.

7. ***Suport pozitiv (încărcarea membrelor inferioare)***

Apare = între 4 şi 6 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = se ţine copilul vertical.

Procedură = se sprijină picioarele copilului pe o suprafaţă.

Răspuns = apare cocontracţia (flexori şi extensori), şoldul şi genunchiul se extind.

Membrele inferioare suportă greutatea corpului.

Semnificaţie = reflex important pentru ortostatism şi mers. Asimetria arată leziunea emisferei cerebrale, leziunea nervului periferic sau scăderea mare de forţă musculară.

8. ***Plasarea vizuală a membrelor superioare***

Apare = între 3 şi 4 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = se ţine copilul vertical de sub axile.

Procedură = se apropie copilul de o suprafaţă de sprijin (la nivelul feţei).

Răspuns = copilul ridică ambele braţe, le extinde şi le pune pe suprafaţa de sprijin cu degetele abduse şi extinse.

Semnificaţie = asimetria mişcării indică leziuni ale emisferei cerebrale, sau leziuni, nerv periferic sau scădere de forţă. Lipsa oricărui răspuns arată tulburări mari ale SNC sau deficit senzomotor.

9. ***Extensia în faţă, de protecţie a membrelor superioare***

Apare = la 6-7 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul ţinut vertical.

Procedură = se efectuează o mişcare ca de plonjare cu capul înainte a copilului spre o suprafaţă de sprijin.

Răspuns = copilul extinde şi abduce braţele, extinde şi răsfiră degetele.

Semnificaţie = reflex important ce se execută din şezând la trecerea spre decubit ventral sau în patru labe. Asimetria arată leziuni ale emisferei, leziuni ale nervului periferic sau slăbire musculară.

10. ***Reacţia de aplecare din şezând***

Apare = la 7-8 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = în şezut pe o placă care basculează, aşezare chiar peste axul de basculare.

Procedură = se înclină placa pe o parte, lent apoi în partea opusă.

Răspuns = corpul rămâne drept prin înclinarea lui pe partea opusă înclinării plăcii. Braţul şi coapsa sunt abduse pe partea opusă înclinării, iar cele de pe partea înclinată sunt adduse. Dacă înclinăm anterior placa, corpul se extinde şi membrele retrase. Înclinare posterioară, coloana se flectează înainte, iar membrele sunt împinse înainte.

Semnificaţie = reacţia menţine poziţia şezândă dreaptă fără sprijin pe membre. Asimetria indică leziune hemicerebrală de nerv periferic sau slăbire musculară.

11. ***Fixare posturală în şezând***

Apare = la 7-8 luni, persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul în şezând pe scăunel sau pe sol.

Procedură = cu o jucărie pe care o plimbăm în toate direcţiile în jurul copilului căutăm să-l atragem spre ea. Concomitent exercităm o uşoară forţă de presiune pe umărul sau trunchiul copilului.

Răspuns = copilul nu-şi pierde echilibrul, căutând să ajungă obiectul. Dacă îl împingem uşor pe toracele anterior se va flecta anterior; împins din spate se va extinde; împins din lateral va abduce membrele de pe partea respectivă.

Semnificaţie = reacţia realizează fixarea (echilibrul) în şezând. Asimetria răspunsului este patologică (vezi mai sus).

12. ***Extensia protectivă a membrului superior pe o latură***

Apare = la 7 luni, persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul în şezând cu membrele inferioare în extensie, înainte.

Procedură = se aplică o forţă asupra umărului pentru a deplasa centrul de gravitate pe o parte.

Răspuns = copilul va abduce braţul de pe această parte cu extensia cotului, a pumnului şi degetelor înainte de a sprijini mâna pe suprafaţa de sprijin.

Semnificaţie = asigură echilibrul din poziţia şezândă. Absenţa reacţiei denotă stare patologică (vezi mai sus).

13. ***Reacţia de redresare completă a corpului, acţionând asupra corpului***

Apare = între 4-6 luni, persistă 5 ani când copilul poate să-şi roteze trunchiul şi pelvisul din stând.

Poziţionare = copilul în decubit dorsal cu capul pe linia mediană.

Procedură = se flectează un membru inferior şi se rotează peste pelvis spre partea opusă.

Răspuns = copilul se rotează pe o parte, întâi trunchiul, apoi toracele superior, apoi capul.

Semnificaţie = este un reflex care asigură schema de rotaţie a corpului din şezând, patrupedie, stând. Persistenţa peste 5 ani arată perturbări în SNC.

14. ***Reacţia de aplecare în decubit dorsal***

Apare = la 7-8 luni, persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul în decubit dorsal, pe o placă balansoare cu axa de mişcare longitudinal.

Procedură = lent placa este aplecată lateral spre stânga (se aşteaptă răspunsul), apoi spre dreapta.

Răspuns = trunchiul se curbează cu concavitatea coloanei spre partea opusă aplecării, iar capul se rotează de asemenea cu faţa spre această parte. Concomitent se produce o uşoară abducţie a braţelor şi membrelor inferioare.

Semnificaţii = aceleaşi ca la reacţia de aplecare din şezând.

15. ***Fixarea posturală în decubit dorsal***

Apare = la 7-8 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul aşezat pe sol în decubit dorsal.

Procedură = provocăm copilul să se întindă după o jucărie plasată alternativ pe fiecare latură a corpului. Se exercită o uşoară împingere pe umărul al cărui braţ se întinde după jucărie.

Răspuns = copilul nu-şi pierde echilibrul prin această întindere şi presiune. Apare o uşoară curbură vertebrală spre direcţia forţei aplicate şi o abducţie cu extensie a extremităţilor pe partea aplicării împingerii cu o fixare a celorlalte membre de pe partea opusă.

Semnificaţie = fixarea posturală este necesară pentru menţinerea centrului de gravitate în poziţia de decubit dorsal.

16. ***Suport pozitiv al membrelor superioare (încărcarea acestora)***

Apare = între 4-6 luni, persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul plasat pe sol în decubit ventral.

Procedură = este ridicat orizontal, apoi lăsat în jos până când membrele superioare iau contact cu solul.

Răspuns = contracţie concomitentă a flexorilor şi extensorilor membrelor superioare, corpul se sprijină pe mâini (coate şi pumni extinşi).

Semnificaţie = reacţie necesară pentru ridicarea din decubit sau trecerea în decubit.

17. ***Reacţie amfibiană***

Apare = la 6 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = în decubit ventral.

Procedură = se ridică pelvisul pe o parte.

Răspuns = automat se flectează braţul, şoldul şi genunchiul de aceeaşi parte.

Semnificaţie = reflex pregătitor pentru târâre şi crowl.

18. ***Fixarea posturală în decubit ventral***

Apare = la 6 luni, persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul aşezat pe sol în decubit ventral.

Procedură = copilul să se sprijine pe un antebraţ sau pe un membru superior întins, în timp ce cu membrul celălalt caută să apuce o jucărie. Concomitent, se aplică o uşoară presiune pe umărul braţului ridicat.

Răspuns = copilul nu-şi pierde echilibrul, se observă o abducţie cu extensie a membrului superior pe al cărui umăr apăsăm.

Semnificaţie = fixaţia este necesară pentru menţinerea centrului de gravitate.

19. ***Reacţia de înclinare în decubit ventral***

Apare = la 6 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = copilul aşezat pe o placă balansoare în poziţie ventrală.

Procedură = se apleacă lent placa, lateral drept, se aşteaptă răspunsul, apoi aplecare spre stânga.

Răspuns = copilul se curbează pe partea opusă aplecării. Braţul opus aplecării se abduce.

Semnificaţie = reacţia modifică reflexele de rectitudine când suprafaţa de susţinere este perturbată.

20. ***Extensia proiectoare în jos a membrelor inferioare***

Apare = la 4 luni şi persistă toată viaţa.

Poziţionare = se ţine copilul de mijloc în poziţie verticală.

Procedură = este lăsat rapid în jos.

Răspuns = membrele inferioare se extind şi se abduc cu picioarele în dorsoflexie.

Semnificaţie = pregătire pentru încărcarea corpului în ortostatism şi evitarea căderii.

21. ***Reacţia Landau***

Apare = 3-4 luni, persistă 12-24 luni.

Poziţionare = se susţine copilul orizontal cu o mână sub toracele inferior.

Procedură = se aşteaptă reacţia la poziţia aceasta.

Răspuns = capul se extinde, apoi spatele, apoi şoldurile (poziţie de „superman"). Ambele membre superioare se abduc din umăr.

Semnificaţie = această schemă rupe complet poziţia foetală (de flexie) pe care o are de la naştere. Reacţia Landau nu este o schemă izolată, ci de fapt urmarea altor reacţii: de redresare labirintică, optică, corp pe corp, corp pe cap şi corp pe redresare cervicală.

O proastă reacţie Landau arată hipotonie sau probleme congenitale.

Capitolul 11

EVALUARE

11.1. *PROBLEME GENERALE* 396
11.2. *ETAPELE APRECIERII* 398
11.3. *TEHNOLOGIA TESTĂRII* 401
11.4. *EVALUARE ANALITICĂ* 406
11.4.1. **Evaluarea amplitudinii de mişcare articulară** 406
11.4.2. **Evaluarea musculară** 406
11.4.3. **Evaluarea posturii şi alinierii corpului** 406
11.4.4. **Evaluarea controlului muscular şi a coordonării** 411
11.4.5. **Testarea echilibrului** 413
11.4.6. **Evaluarea sensibilităţii** 414
11.4.7. **Evaluarea apraxiei** 418
11.4.8. **Evaluarea disfuncţiei cognitive** 419
11.4.9. **Evaluarea cardiorespiratorie** 423
11.5. *EVALUAREA GLOBALĂ* 424
11.5.1. **Evaluarea ADL-urilor** 429
11.5.2. **Evaluări globale direcţionate de diagnostic** 432
11.5.3. **Evaluarea toleranţei la efort** 435
11.5.4. **Evaluarea mersului** 439
11.5.5. **Evaluarea „calităţii vieţii"** 448
11.6. *CLASIFICĂRILE OMS ALE BOLILOR CRONICE* 452
11.6.1. **Prima clasificare: Infirmitate – incapacitate – handicap** 453
11.6.2. **Clasificarea a 2-a** 461
11.6.3. **Clasificarea a 3-a** 466
11.7. *GHIDURI DE EVALUARE A INVALIDITĂŢILOR PERMANENTE* 467

11.1. *PROBLEME GENERALE*

Arătam în capitolul „Introducere în kinesiologie" că există 3 compartimente mari ale kinetoterapiei:

1. Bazele ştiinţifice, teoretice, în care se studiază structurile şi mecanismele neuro-musculo-articulare ale mişcării.

2. Evaluarea prin care se realizează „inventarul" stării pacientului.

3. Practica kinetică care cuprinde tehnicile, metodele şi metodologia de lucru propriu-zisă.

În acest capitol se vor aborda principalele aspecte ale „evaluării". Aceste aspecte vor fi tratate inegal, unele de-abia amintite, altele prezentate mai pe larg.

Trebuie să se înţeleagă că „evaluarea" reprezintă titlu de monografie fiind deosebit de complexă şi amplă. În nici un caz nu ar putea fi prezentată pe larg doar în cadrul unui capitol în această monografie. De aceea am optat pentru o prezentare selectivă ţinând seama de existenţa sau nu în literatura de specialitate a unor aspecte de evaluare publicate deja deci de posibilitatea de informare din alte surse de către kinetoterapeut sau de cei interesaţi. Aşa, spre exemplu, au fost discutate doar elementele generale ale testingului articular şi testingului manual muscular, adică principalele 2 testinguri ale evaluării neuro-musculo-artrokinetice. Aceste 2 testinguri au apărut în mai multe lucrări şi pot fi deci studiate pe larg. Există şi alte exemple de acelaşi gen.

*
* *

Primul şi ultimul act al medicului şi kinetoterapeutului în procesul asistenţei de recuperare funcţională este evaluarea. Iniţial evaluarea este necesară pentru aprecierea deficitului ce urmează a fi recuperat şi a restantului funcţional pe care se bazează capacităţile şi activităţile pacientului, iar în final evaluarea apreciază rezultatele obţinute prin aplicarea programului de recuperare şi concluzionează asupra măsurilor care se mai impun eventual în continuare.

Înainte de a dezvolta acest capitol este absolut necesar să lămurim nişte termeni în acest domeniu.

În tratatele de specialitate străine se întâlneşte în afară de termenul de „evaluation" (evaluare) şi expresia „assessment" care de fapt înseamnă tot evaluare, apreciere, estimare etc. Sub raport al conţinutului acestor 2 termeni există însă deosebiri importante, astfel:

Assessment = „procesul de înregistrare (strângere) a datelor, identificarea problemelor, formularea ipotezelor şi luarea deciziilor pentru intervenţii terapeutice" (L.W. Pedretti, 1996).

Assessment reprezintă deci tabloul complex asupra stării patomorfofuncţionale a pacientului, tablou care stă la baza strategiilor şi programelor necesare remedierii acestor stări. Din păcate în limba română nu s-a introdus un termen corespunzător continuând să se folosească doar termenul de „evaluare" care însă, aşa cum vom vedea este mult mai restrictiv decât assessment.

Mi-aş permite, cel puţin pentru contextul acestui capitol, să introduc pentru assessment termenul românesc de *apreciere* pentru a-l putea diferenţia de „evaluare".

„Aprecierea" este sfera largă, complexă care trebuie să răspundă la toate întrebările legate de starea pacientului:

- care sunt disfuncţiile lui;
- care sunt cauzele acestora;
- care este restantul funcţional;
- care este impactul psiho-socio-profesional asupra bolnavului;
- care este prognosticul.

Şi va trebui să ajungă în final să determine:

- programul de lucru al asistenţei de recuperare;
- eficienţa acestui program;
- necesitatea refacerii lui în funcţie de noile concluzii determinate de o nouă „apreciere".

„Aprecierea" ia în considerare deficitul complex, denumit „deficit global" rezultat atât din starea propriu-zisă a pacientului, cât şi din proiecţia acestuia în mediul său de viaţă aşa cum se poate vedea în figura 11.1.

În acest context, amintim vorbele lui Harvey Cushing rămase ca indicaţie de bază pentru toţi medicii: „un medic este obligat să ia în conside-

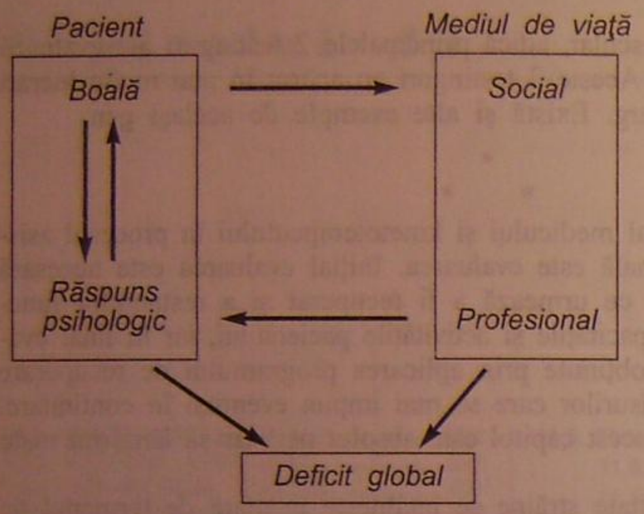


Fig. 11.1.

rare mai mult decât organul bolnav, chiar mai mult decât individul în întregul lui; medicul trebuie să vadă pacientul în contextul lumii lui".

Evaluation (evaluare) = baterie de teste specifice pentru deficite măsurabile. Deci evaluarea este o „apreciere" punctuală.

Procedura (procedeu) de evaluare = metodă sau test pentru estimarea calitativă sau cantitativă a unui anumit deficit.

Încercând o caracterizare a recuperării medicale, Knapp consideră că ea înseamnă „diagnostic, diagnostic, diagnostic" adică diagnosticul de boală, de leziune, diagnosticul funcţional şi diagnosticul integrativ al pacientului în ambientalul său socio-familial şi profesional.

11.2. *ETAPELE „APRECIERII"*

„Aprecierea" (assessment) practic se realizează într-o suită de etape; acestea sunt următoarele:

1. ***Triajul*** (screeningul) reprezintă primul contact cu „cazul", uneori nu şi cu pacientul, căci triajul se poate face şi numai pe documentele medicale (bilet de trimitere, fişă medicală, foaie de observaţie, analize etc.) sau prin discuţia cu cei care trimit pacientul sau cu familia pacientului. Prin screening se face prima evaluare a oportunităţii (indicaţiei, contraindicaţiei, temporizare etc.) primirii pacientului în unitatea medicală de recuperare pentru kinetoterapie. Există o mare diversitate de situaţii care se pot rezolva chiar de la început fără să se piardă vremea şi să crească costurile asistenţei prin preluarea bolnavului. Există cazuri în care în momentul respectiv pacientul beneficiază de o altă terapie (ortopedochirurgicală, neurochirurgicală etc.) urmând ca abia apoi să înceapă kinetoterapia, după cum există şi situaţii în care bolnavul este greşit îndrumat spre kinetoterapie (pentru remobilizarea unei articulaţii cu artrodeză, pentru deficite funcţionale psihogene etc.).

2. ***Interviul iniţial*** care reprezintă un prim contact medic-pacient (sau kinetoterapeut-pacient), interviu la care se asociază „observaţia globală" asupra pacientului precum şi „testele simple" rapid orientative (mers, mişcarea unui segment, poziţie, coordonare, pronunţarea cuvintelor, dispnee etc.).

Acest interviu iniţial, care nu este propriu-zis o consultaţie, el putând avea loc oriunde (în cabinet, în sală, pe culoar, la domiciliu etc.) mai are ca obiectiv în afara datelor de mai sus şi obţinerea de date asupra capacităţii de înţelegere a bolnavului, asupra interesului acestuia pentru propria sănătate, a nevoilor bolnavului. Interviul are şi rolul de a stabili începutul relaţiei medic-pacient sau kinetoterapeut-pacient.

3. ***Informaţii subiective*** (anamnestice) prin care se pătrunde propriu-zis în evaluarea de bază a suferinţelor.

În această etapă, se face înregistrarea simptomelor cu toate amănuntele pentru fiecare în parte, a istoricului bolii şi a tratamentelor efectuate, se consemnează datele generale despre pacient (familie, profesie, obiceiuri, antecedente etc.), se apreciază psihicul bolnavului şi se estimează în ce măsură boala cu deficienţele ei afectează viaţa personală, socială, profesională etc. a pacientului.

4. ***Informaţiile obiective*** se culeg prin examenul clinic şi paraclinic. Această etapă are 3 componente:

a) Examenul clinic general pe aparate şi sisteme (nu este cazul să insistăm asupra lui);

b) Examenul clinic special de evaluare a deficitelor. În acest context se plasează toate testările punctuale pentru aprecierea fiecărui deficit în parte (mobilitate articulară, forţă şi rezistenţă musculară, postură, coordonare şi echilibru, sensibilitate, capacitate de efort, sensoriu, inteligenţă, cogniţie etc. etc.);

c) Examene paraclinice complementare (radiografii, ECG, EMG, teste respiratorii, ecografie, analize biologice etc.) în funcţie de nevoile precizării diagnosticului de boală şi/sau deficit funcţional.

Culegerea informaţiilor prin aceste prime 4 etape ale „aprecierii" va permite apoi trecerea la cea de a 5-a etapă.

5. ***Procesul de analiză a datelor*** care reprezintă:
- stabilirea diagnosticelor (de boală, cel funcţional şi al capacităţii de muncă);
- precizarea codificării infirmităţii, incapacităţii şi handicapului;
- aprecierea restantului funcţional;
- aprecierea sincerităţii pacientului;
- aprecierea evoluţiei deficitului;
- aprecierea obiectivelor programului de recuperare;
- aprecierea necesităţilor de ortezare-protezare.

6. ***Concluziile lucrative*** care încheie lungul proces al evaluărilor („aprecierii") şi care se referă la:
- stabilirea listei cu problemele pacientului, care fac obiectul recuperării (respectiv al programului kinetoterapic);
- defalcarea acestor probleme în majore şi minore şi pe priorităţi;
- determinarea problemelor rezolvabile cu ajutorul medicinii fizice (respectiv al kinetoterapiei) sau/şi prin metodele altor specialităţi.

În acest moment, procesul de „apreciere" *(assessement)* este terminat. Fişele lui de evaluare sunt completate. Dar această „apreciere" nu reprezintă la rândul ei decât prima fază în contextul asistenţei de recuperare medicală.

Faza a doua va fi *alcătuirea planului (programului) de recuperare* care are la bază următoarele:

a) Toate datele obţinute prin evaluări, cum s-a discutat mai sus;

b) Aprecierea (analiza) metodelor şi mijloacelor necesare şi disponibile pentru tratament, ca şi cadrele de execuţie (număr, tipuri, pregătire);

c) Locul unde se va desfăşura programul: spital, ambulatoriu, domiciliu etc.

Planul de recuperare trebuie să prevadă:

- obiectivele pe termen scurt;
- obiectivele pe termen lung;
- duratele aproximative ale etapelor şi momentelor de reevaluare;
- dorinţele vocaţionale (profesionale) ale pacientului;
- momentul aproximativ când se va face „descărcarea" de responsabilitate adică când se încheie relaţia medic-bolnav sau kinetoterapeut-bolnav.

Trebuie precizat că programul de recuperare se bazează mai ales pe *nevoile* pacientului şi nu atât pe deficienţele lui, deşi între acestea există o corelare evidentă (dar nu întotdeauna şi o concordanţă deplină).

Faza a treia este reprezentată de *aplicarea programului* de recuperare, adică de tratament propriu-zis, aşa cum a fost el preconizat în plan.

Faza a patra, *a reevaluării*, care fusese deja fixată de la început în program are ca scop:

– stabilirea eficienţei programului aplicat;

– realizarea unor corecturi ale programului în funcţie de observaţiile înregistrate în timpul execuţiei lui;

– eliminarea unor obiective care practic nu pot fi atinse sau care au dispărut;

– adăugarea unor noi obiective care s-au evidenţiat sau adăugarea unor noi metode, tehnici, mijloace terapeutice.

Toată această reevaluare devine punctul de plecare pentru alcătuirea unui nou plan (program) de recuperare care va fi implementat şi aşa mai departe ca în figura 11.2.

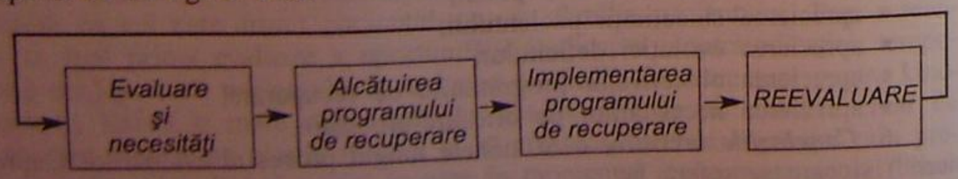


Fig. 11.2.

Assessmentul nu reprezintă doar o colecţie de date şi evaluări punctuale asupra pacientului. El comportă şi o participare integrativă gândită asupra acestor date şi evaluări. În acest fel se vor putea naşte concluzii reale adecvate situaţiei pacientului.

Iată un exemplu. Paralizia unei mâini drepte desigur că se consideră mai disfuncţională decât aceea a mâinii stângi. Dar dacă pacientul este stângaci capacitatea lui funcţională este cu mult mai mare nemaifiind necesară instituirea unui program de abilităţi pentru mâna stângă.

11.3. *TEHNOLOGIA TESTĂRII*

Din cele expuse mai sus nu trebuie să se rămână cu ideea că „aprecierea" (assessment) se referă doar la pacienţii cu incapacităţi care vor intra în programele de recuperare. Este adevărat că pentru specialiştii în asistenţa de recuperare acesta este domeniul de bază, iar actuala monografie se adresează în primul rând acestora.

În sens mai larg assessmentul este „un proces care, utilizând diverse modalităţi, urmăreşte adunarea unor informaţii necesare unui anumit scop". Evident modalităţile utilizate trebuie orientate în funcţie de acest scop.

Aşa, spre exemplu, se pot organiza „aprecieri" pentru:

– asistenţa de recuperare a deficienţilor, pe acest obiectiv făcându-se prezentarea de mai sus;

– alcătuirea unui program educaţional al copiilor cu diverse incapacităţi;

– organizarea unor activităţi culturale sau sportive;

– organizarea unui învăţământ de pregătire special, în diverse domenii;

– etc.

Cu alte cuvinte, există o evaluare şi a persoanelor sănătoase. Dacă se face în scop „de sănătate" este vorba de aspecte profilactice şi se vor stabili nivelul de fitness, capacitatea funcţională, gradul de performanţă fizică. Dacă se face în scop „de educaţie" se vor stabili nivelele de cunoştinţe generale şi speciale, capacitatea de recepţie, gradul de inteligenţă, memorare etc.

Pentru sportivi „aprecierea" gradului de performanţă este o sarcină de bază a oricărui antrenor şi medic sportiv, apreciere care se face tot pe baza principiilor assessmentului.

Datele necesare „aprecierii" unui domeniu sau altul se colectează prin 3 moduri: observaţie, teste informale şi teste formale.

1. ***Observaţia*** nu este doar a testatorului (medic, kinetoterapeut, antrenor etc.), ci poate veni şi de la membrii de familie, colegi de şcoală sau muncă, profesori etc. Observaţia poate aprecia atât comportamente fizice, cât şi psihice, care deseori pot scăpa examenului direct.

2. ***Testele informale*** sunt teste de culegere directă a informaţiilor de la subiecţii implicaţi care, în concret, se realizează prin:

- Teste scrise cu întrebări standard pe care le completează pacienţii sau cei implicaţi în evaluare.
- Suită de activităţi generale sau speciale realizate de subiecţi la solicitările testosteronului.
- Suită de întrebări verbale focalizate pe anumite probleme.

Testele informale sunt de obicei teste de screening, dar şi de început al operaţiei de assessment.

Testele informale pot aduce într-un timp scurt şi fără echipamente speciale o cantitate impresionantă de informaţii pentru „aprecierea" unui sau unor subiecţi supuşi evaluărilor. Aceste teste nu sunt standardizate, subiecţii putând fi comparaţi doar cu ei înşişi prin aceleaşi teste la începutul şi sfârşitul programelor.

Testele informale ne dau aprecieri generale asupra direcţiei în care se manifestă incapacităţile, dar ele obligatoriu vor fi completate cu evaluări punctuale, cuantificate şi corect explicative ale fenomenului disfuncţional (sau ale altor fenomene luate ca obiectiv).

Astfel, spre exemplu, dacă testul informal ne-a relevat realitatea că un individ nu poate să se ridice şi să se reaşeze pe scaun, această constatare este departe de a ne şi explica: de ce nu se poate ridica şi aşeza pe scaun. Nu a înţeles sau nu a auzit comanda? Are ankiloză articulară? Este spastic? Are paralizia cvadricepşilor? Are dureri foarte mari? Este paraplegic? Etc. Toate acestea trebuie precizate prin teste selecţionate, prin teste formale.

3. ***Testele formale*** sunt orientate punctual spre o disfuncţie, spre o problemă conturată, apreciind valori, cuantificări, grade de mărime şi realizând o corectă explicare a fenomenului.

Au fost concepute foarte multe teste pentru „aprecierea" stării diverşilor bolnavi. Arta testatorului este să aleagă cu atenţie testele cele mai adecvate. În această alegere se va ţine seama de trei componente:

a) Să fie teste standardizate;
b) Să fie teste fezabile sub raport administrativ-organizatoric;
c) Să corespundă tipului şi gradului disfuncţional.

Testele standardizate sunt teste de bază care se realizează pe grupe largi populaţionale, în condiţii similare, discriminând sau nu în cadrul vârstelor, sexului, greutăţii sau altor parametri valorile de normalitate, valori de referinţă. Utilizarea testelor standard este importantă căci prin ele putem compara corect pacienţii între ei, putem aprecia evoluţia în timp a valorilor găsite, putem crea un limbaj identic între testatori şi, de asemenea, cel mai important, putem încadra bolnavii în sisteme de codificare şi clasificare sau în diverse categorii conforme legislaţiei specifice.

Testarea standardizată se referă în fond la raportarea rezultatelor ei la valorile standard obţinute pe baza unor studii de normalitate pe un număr foarte mare de subiecţi.

Spre exemplu aprecierea dezvoltării somatice la un copil de o anumită vârstă şi sex o facem printr-un număr de măsurători (testări) pe care apoi le raportăm la valorile de normalitate din tabelele dezvoltării copilului. Sunt valorile standard, respectiv media valorilor măsurătorilor făcute pe câteva mii de subiecţi normali, de diverse vârste, băieţi şi fete.

Prin comparaţia între testarea noastră şi valorile standard vom aprecia gradul deficienţelor constatate. Existenţa acestor standarde ne asigură că oriunde în lume un copil care are aceleaşi valori la măsurătorile somatometrice va fi încadrat în acelaşi grad de deficienţă.

Un alt exemplu. Testăm la un subiect valorile capacităţii vitale (CV) şi ale volumului expirator maxim pe secundă (VEMS), teste spirografice standardizate pe baza cărora încadrăm un bolnav respirator în timpul deficitului respirator. Valorile găsite (actuale) le comparăm cu cele din tabelele standard ale indivizilor normali de acelaşi sex, vârstă, înălţime şi notăm cu cât la sută valorile subiectului nostru se abat de la aceste standarde normale.

Subliniem faptul că vorbind de „teste standardizate" nu ne referim doar la posibilitatea raportării rezultatelor evaluării la standarde normale, ci şi la faptul că testarea noastră trebuie să respecte tehnica evaluării utilizată de cei care au realizat testele standard.

În cercetare utilizarea testelor standard este obligatorie, ea dând credibilitate datelor prezentate. În cazul cercetării, alcătuirea loturilor (eşantioanelor) nu se poate face decât pornind de la realitatea cunoscută din standarde relativ la vârste, sex, rase, loc geografic, condiţii socio-economice etc.

Spre exemplu, nu se poate face o cercetare asupra dezvoltării fizice a copiilor dintr-o anumită ţară, pe baza standardelor somatice din altă ţară.

Validitatea testului este o altă cerinţă a unei evaluări corecte. Această cerinţă este determinată de răspunsul la întrebarea: „testul utilizat măsoară exact ceea ce doresc? Este valid?"

Validitatea unui test pornită de la cunoaşterea concretă, exactă, a ceea ce vrem să testăm, este conferită de:

– lucrările, publicaţiile mai multor autori care au comunicat rezultatele obţinute;

– compararea cu alte teste standardizate în acelaşi domeniu care dau rezultate superpozabile;

– de capacitatea testului de a face discriminare între două grupe populaţionale care nu au aceiaşi parametri.

Validitatea unor evaluări pe grupe populaţionale se exprimă statistic matematic prin „probabilitate" (admisă la o valoare de p=0,05).

Spre exemplu, testul mersului pe călcâie cu vârful piciorului în sus este un test valid pentru deficitul flexorilor dorsali ai piciorului. Este valid deoarece îl găsim la toţi cei cu un astfel de deficit, pentru că aceştia au pozitive şi alte teste care se adresează forţei acestor muşchi (testul Lupulescu, testarea manuală musculară, bătutul tactului, EMG), pentru că testul a fost verificat de mulţi cercetători ca şi practicieni găsindu-l pozitiv în acest deficit funcţional.

Încrederea în test este dintr-un anumit punct de vedere o altă faţetă a validităţii testului. Încrederea într-un test este determinată de:

a) Aplicarea de două ori succesiv a aceluiaşi test, aceleiaşi persoane, în aceleaşi condiţii, testul trebuie să dea rezultate superpozabile.

Sub raport tehnic în funcţie de tipul testului, se precizează că intervalul dintre cele două măsurători nu trebuie să depăşească două săptămâni. Evident pentru unele teste, acest interval este mult mai mic.

Iată spre exemplu, măsurarea tensiunii este un test de încredere? Menţinând necesitatea respectării condiţiilor de măsurare a T.A. impuse de OMS

se poate afirma că acest test este de încredere (micile variaţii valorice sunt acceptate în anumite limite).

b) Încrederea într-un test este dată şi de concordanţa rezultatelor a două teste asemănătoare, care apreciază acelaşi fenomen.

Aceasta arată că putem utiliza oricare din aceste teste trăgând aceeaşi concluzie.

Sensibilitatea testului este extrem de importantă în urmărirea în timp a evoluţiei unui fenomen testat. Pentru evaluarea persoanelor cu incapacităţi funcţionale este important să putem aprecia exact agravarea în timp a acestei incapacităţi, retrocedarea, ameliorarea ei sub programul recuperator sau staţionarea disfuncţionalităţii.

Dar pentru aceasta, testele folosite trebuie să fie suficient de sensibile să înregistreze schimbarea în bine sau în rău apărută în timp. Pentru a păstra exemplul de mai sus al măsurării T.A., dacă acest test nu este suficient de sensibil pentru a semnala creşterea sau scăderea T.A. chiar cu valori modeste nu va fi luat în considerare.

Obiectivitatea testului este o problemă de discutat pentru multe teste căci majoritatea acestora conţin în ele grade diferite de subiectivism. Este vorba atât de subiectivismul testatorului ca şi de subiectivismul celui testat.

Desigur că subiectivismul are multe substraturi cum ar fi lipsa de profesionalism, superficialitatea, necunoaşterea exactă a tehnologiei testului, chiar incorectitudinea voită a testatorului, apoi deficienţe ale echipamentului de testat utilizat etc.

Pe de altă parte, subiectul testat poate răspunde incorect la test datorită neînţelegerii testului, a stării emoţionale, a relei intenţii etc.

Aşa, spre exemplu, testarea manuală a forţei musculare care, deşi trebuie considerată ca test standard valid şi relativ sensibil, conţine foarte mult subiectivism atât din partea testatorului cât şi a testatului mai ales la unele nivele de forţă. Aşa se explică de ce deseori 2 sau mai mulţi testatori codifică valori diferite ale forţei unui individ testat în aceeaşi zi. Obiectivitatea unui test ar fi tocmai situaţia contrară adică codificarea aceloraşi valori de către 2 sau mai mulţi testatori prin utilizarea aceluiaşi test.

Se considera mai sus că o altă componentă a „aprecierii" este utilizarea de *teste fezabile din punctul de vedere administrativ-organizatoric.* Aceasta înseamnă alegerea de teste ţinând seama şi de:

– dotarea disponibilă cu aparatură şi echipament de testare. Există în prezent echipamente extrem de costisitoare (ex. aparate pentru isokinezie, platformele electronice de mers sau echilibru etc.);

– pregătirea, cunoştinţele evaluatorului în domeniul evaluării (motiv pentru care este necesară testarea testatorului);

– spaţiul şi timpul avute la dispoziţie pentru evaluare;

– scopul pentru care se face testarea (screening, diagnostic, programe de lucru etc.);

– personalul avut la dispoziţie.

Assessmentul („aprecierea"), se arăta, nu este o noţiune legată exclusiv de individul bolnav. Pentru a respecta adevărul, acest assessment s-a dezvoltat mai ales în alte domenii decât cel medical cum ar fi cel educaţional, economic, social şi altele. Evaluarea medicală a preluat însă multe aspecte din aceste tipuri de assessment.

În ultimul timp, în multe domenii de activitate au apărut evaluări „fără standarde". Aşa sunt:

a) ***Testele normative de referinţă*** în care performanţa (indiferent în ce constă ea) se măsoară comparativ cu alţi indivizi din aceeaşi categorie. Un test normativ se aplică unui grup de indivizi care apoi sunt înlistaţi în funcţie de rezultatele obţinute, în ordine descrescătoare. Pe baza acestei liste, subiectul care ne interesează se plasează pe un anumit loc. Locurile se clasifică pe percentile pe baza unui algoritm fixat iniţial. Aşa, spre exemplu, un individ poate fi catalogat după rezultate că intră în percentila 10 (adică se plasează în primii 10% din totalitatea grupului testat) ceea ce înseamnă că 90% din acest grup au rezultate mai proaste decât ale lui şi doar 10% au rezultate egale sau mai bune decât ale lui.

Testele normative de referinţă sunt deosebit de utile pentru că ne permit să apreciem cum se plasează subiectul evaluat în contextul grupului sau comunităţii din care face parte.

Să exemplificăm acest lucru prin rezultatele de la un examen. Un subiect a luat nota 6, notă în general considerată mică şi caracterizând o pregătire nu prea grozavă a respectivului. Dar analiza normativă de referinţă pe percentile ne arată că el se află cu nota 6 în percentila 20 adică este mai bun decât 80% din candidaţii care au dat examenul. În acest caz, nota 6 nu mai este mediocră, ci este o notă bună.

Comparând performanţa unei persoane prin mai multe teste normative de referinţă vom obţine o imagine exactă a nivelului ei de performanţă în cadrul eşantionului populaţional considerat.

b) ***Testele cu criterii de referinţă*** ne oferă o anumită informare asupra unei anumite abilităţi sau comportament al subiectului. Referirea se face între scorul obţinut de subiect faţă de un nivel acceptat de performanţă al respectivului test.

Spre exemplu, un test devenit clasic este alergarea pe distanţă de o milă în 6 minute, performanţă considerată ca nivel de apreciere pozitivă a capacităţii de efort, a nivelului de fitness. Subiectul nostru poate sau nu realiza acest efort.

Aceste teste de referinţă sunt mult utilizate în sportul de performanţă realizând aşa-numitele „baremuri".

c) ***Evaluarea „de conţinut"*** este o metodologie complexă de apreciere a modului de execuţie a unei activităţi date, apreciere făcută printr-o testare a abilităţilor necesare realizării acelei activităţi.

Spre exemplu, vrem să testăm mersul unui pacient. O testare rapidă o putem face punând pacientul să meargă şi observându-l cum execută comanda.

O evaluare „de conţinut" însă va testa o serie de elemente care determină performarea unui mers normal: ritm, lungimea pasului, distanţa între picioare, mers pe teren accidentat, urcat-coborât pantă, mers în tandem, în lateral etc. precum şi mecanismele de care ţine un mers normal: forţă musculară, amplitudine articulară, propriocepţie, sistem vestibular, văz etc.

*

Tehnologia generală a evaluării expusă mai sus stă la baza creării testelor practice prin care analizăm starea fizică sau psihică a pacienţilor.

Există un număr enorm de teste utilizate în diverse situaţii. Ele se înmulţesc continuu căci orice testator cu o bună pregătire de bază poate introduce teste noi dacă acestea respectă principiile discutate.

Mai departe în acest capitol despre „Evaluare" se vor expune câteva din testele devenite clasice pentru principalele stări disfuncţionale cu care specialistul de recuperare se întâlneşte în practica medicală.

11.4. *EVALUARE ANALITICĂ*

În kinetoterapie majoritatea testelor utilizate în evaluare sunt teste analitice care se adresează punctual unei infirmităţi anatomice, fiziologice sau psihologice (vezi subcapitolul despre clasificări la sfârşitul acestui capitol).

De abia în ultimul timp kinetoterapia a început să-şi însuşească şi evaluările globale, evaluări ale incapacităţilor *(disability)* curent utilizate în terapia ocupaţională.

11.4.1. *Evaluarea amplitudinii de mişcare articulară*

În capitolul „Amplitudinea de mişcare" din această monografie există un subcapitol asupra evaluării limitării de mişcare.

Nu vom mai reveni aici cu alte noţiuni.

11.4.2. *Evaluarea musculară*

În capitolul „Sistemul efector motor" există un subcapitol despre evaluarea musculară, motiv pentru care nu vom mai prezenta această problemă aici.

11.4.3. *Evaluarea posturii şi alinierii corpului*

Există, incontestabil, o relaţie reciprocă între alinierea segmentelor corpului, a capului – ca întreg – şi eficienţa funcţiei locomotorii (şi nu numai a ei).

Când devine ideală această relaţie – probabil numai un calculator programat în acest sens ne-ar putea preciza. În lipsa unui astfel de răspuns, s-a considerat că perfecţiunea posturală a corpului şi a raportului între segmentele sale este sinonimă cu „frumuseţea fizică", cu respectarea condiţiilor estetice, de echilibru dimensional al corpului. Vechii greci au ridicat la nivelul de concept filosofic această perfecţiune corporală, pe care au încercat să o eternizeze în operele lor de artă. Modelul „frumuseţii fizice" imaginat de vechii greci stă şi azi la baza concepţiei noastre asupra alinierii şi posturii corecte a corpului uman. Ştiinţa medicală de azi a încercat doar să fundamenteze ştiinţific realitatea şi importanţa funcţională a acestui model. Desigur, pentru noi toţi a devenit azi axiomatic că o alcătuire fizică defectuoasă a corpului este şi disfuncţională pentru una sau alta dintre funcţiile de bază ale organismului. Această realitate trebuie depistată, evaluată ca dimensiune şi importanţă şi, evident, corectată.

Postura organismului este influenţată de trei factori:

a) Ereditatea
b) Stările patologice
c) Obişnuinţa.

Aceşti trei factori vor fi bine analizaţi, deoarece posibilităţile de influenţare a lor sunt diferite.

Aspectul general al corpului sau configuraţia fizică a lui este rezultanta a trei elemente:

- Atitudinea corpului, determinată de raporturile părţilor componente ale aparatului locomotor – este obiectivul principal al evaluării;
- Creşterea corpului, reprezentând acumulările cantitative în înălţime, mărime şi greutate, în raport cu vârsta şi sexul;
- Dezvoltarea globală în raport cu vârsta.

Aceste trei elemente determină diferenţe tipologice umane, care, încă din vechime, s-a încercat să fie încadrate în tipuri constituţionale catalogate. Se încearcă şi în prezent astfel de clasificări tipologice, dar tot fără succes, căci nu există indivizi cu tipuri corporale pure.

Simetria corpului este o condiţie a normalităţii fizice a lui.

Orice dezaliniere strică simetria, iar aceasta odată stricată la un nivel determină alte dezalinieri cu scop compensator. Astfel o basculare de bazin cu lordozare lombară va dezalinia şi coloana dorsală cifozând-o compensator.

Cum se arăta mai sus ereditatea cu dismorfismele ei antrenează cele mai neplăcute dezalinieri şi asimetrii. Astfel la nivelul coloanei, blocurile vertebrale, hemivertebrale etc. sau displaziile de şold cu scurtarea unui membru şi deviaţia axului etc. sunt tot atâtea cauze de deposturări care atrag severe urmări clinice.

Stările de boală dobândite pe parcursul vieţii (spondilita, poliartrita, paraliziile etc.) ca şi sechelele unor traumatisme lasă frecvent dezalinieri care contribuie fie la degradarea funcţională în continuare, fie agravează procesul disfuncţional generat de boala în sine.

Dezalinierile pot apărea şi în afara oricărei patologii, prin obişnuinţe proaste.

În special, coloana este supusă unor astfel de consecinţe datorită posturilor inadecvate din timpul muncii sau în perioada de creştere în timpul şcolarităţii.

Deoarece dezaliniere = disfuncţionalitate este necesar ca programul de recuperare să aibă în vedere şi corectarea acestei dezalinieri. Aceasta ridică însă necesitatea evaluării deposturărilor.

Evaluarea aliniamentului şi posturii corecte a corpului se face prin examen clinic, prin observarea rapoartelor între segmentele corpului. Utilizarea *„cadrului somatoscopic"* uşurează mult această observare. Este vorba de un cadru cu caroiaj din sârme paralele şi perpendiculare lângă care un corp îşi trădează uşor imperfecţiunile de aliniament.

A) ***Linia gravitaţiei*** întregului corp se apreciază prin utilizarea firului cu plumb.

1. Pentru înclinări laterale: protuberanţa occipitală – apofiza spinoasă a vertebrei C_7 – pliul interfesier – spaţiul dintre condilii interni ai genunchiului – spaţiul dintre călcâie.

2. Pentru înclinări antero-posterioare: lobul urechii – mijlocul umărului – marele trohanter – posterior de patela – lateral de maleola tibială.

Pentru devierile întregului corp de la aceste linii trebuie, înainte de a le consemna, să fim siguri că nu este vorba de poziţii de balans al corpului în ortostatism.

B) ***Evaluarea alinierii segmentelor*** trebuie făcută din faţă, din lateral şi din posterior.

1. Din faţă:

a) Umerii: se observă alinierea claviculelor; denivelarea lor este dovadă de asimetrie scapulară (se coroborează cu evaluarea din spate).

b) Torace: se observă malformaţiile („în carenă", „în pâlnie", infundibuliform, „în butoi", cu şanţ Harrison, evazat la bază etc.).

c) Pelvis: se apreciază cu rigla nivelul spinelor antero-superioare pe aceeaşi linie sau prin fixarea cu policele testatorului a celor două puncte, urmată de observarea nivelului celor două police.

d) Membrele pelvine: se notează prezenţa unui eventual genu valgum, dimensiunea lui (distanţa intermaleolară în centimetri), simetria deviaţiei; de asemenea, prezenţa unui genu varum, dimensiunea lui în centimetri (măsurată între marginile mediale ale genunchilor, maleolele interne atingându-se) – atenţie la falsul genu varum! (Asocierea unei hiperextensii a genunchiului cu o rotaţie a femurului poate crea un fals genu varum.)

Prezenţa torsiunii tibiale se apreciază după poziţia rotulei când picioarele stau paralele şi uşor îndepărtate: dacă rotulele „privesc" medial, tibia este rotată extern faţă de femur; acelaşi lucru dacă poziţionăm rotulele să „privească" drept înainte – atunci picioarele nu vor mai fi paralele, ci vârfurile vor devia spre exterior.

e) Degetele picioarelor: se pot observa un hallux valgus sau/şi degetele „în ciocan".

2. Din lateral:

a) Capul: Devierea anterioară este apreciată în raport cu linia gravitaţiei marcată de firul cu plumb – atenţie, deoarece mijlocul vârfului umărului poate să fie el însuşi deviat (vezi mai jos) şi să nu mai fie pe aceeaşi linie cu lobul urechii!

b) Scapula: se poate observa proeminarea posterioară a unghiului scapulei şi a marginii ei vertebrale în cazurile de rotaţie sau de înclinare înainte a acesteia;

c) Coloana: se apreciază prezenţa cifozei, a spatelui rotund, a lordozei, a cifolordozei;

d) Abdomenul: relaxarea sau slăbirea musculaturii abdominale face ca abdomenul să protruzeze; uneori, cute de grăsime situate subombilical pot da acelaşi aspect sau să-l exagereze, dar în acest caz nu este vorba de o protruzie.

e) Membrele inferioare: se observă genu recurvatum;

f) Piciorul: privit dinspre faţa internă, se apreciază bolta antero-posterioară; se notează maleola internă, tuberculul osului navicular şi locul unde articulaţia metatarsofalangiană a halucelui atinge podeaua – toate aceste puncte trebuie să fie pe o linie (linia Feiss); dacă tuberculul navicularului este sub linie la 2/3 de podea, pe perpendiculara liniei Feiss – podea, prăbuşirea bolţii este de gr. I (uşoară); dacă este la o treime de podea, este de gr. II (medie); dacă este chiar pe podea, este severă (gr. III) (fig. 11.3.).

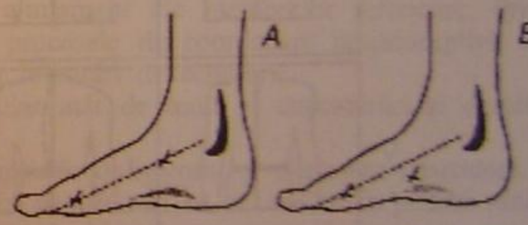


Fig. 11.3. – Linia Feiss.
A = arc normal; *B* = arc prăbuşit.

3. Din posterior.

Deplasarea întregului corp de la firul cu plumb care cade între călcâie, reperele superioare fiind însă lateralizate, semnifică membre inferioare inegale (dacă şi cele 2 spine postero-superioare nu sunt pe aceeaşi linie orizontală) sau un simplu balans.

a) Capul: aprecierea poziţiei drepte în cazul în care linia bilobulară (între lobii urechilor) este perpendiculară pe firul cu plumb;

b) Scapula: se apreciază linia spinelor şi a unghiurilor scapulare, care trebuie să fie pe orizontală; se apreciază de asemenea gradul de abducţie a scapulelor prin distanţa dintre marginea vertebrală a scapulei şi coloană. (Abducţia este uşoară la 5 cm, moderată la 7,5-8 cm şi extremă la 10 cm).

c) Talia: se apreciază unghiul lateral al taliei, care poate fi asimetric prin scoliozarea coloanei.

d) Coloana: se notează deviaţiile laterale ale coloanei, funcţionale sau structurale, prin manevrele de diferenţiere cunoscute (nu este cazul să fie expuse aici); se apreciază spatele plat.

e) Picioarele: linia tendoanelor ahiliene „fuge" în afară în cazul picioarelor plate, în eversia calcaneelor.

Există desigur o serie de alte aprecieri posturale care se pot face dar cele de mai sus sunt considerate ca principale şi obligatoriu de înregistrat.

În figura 11.4. se prezintă o „cartă" a principalelor deposturări.

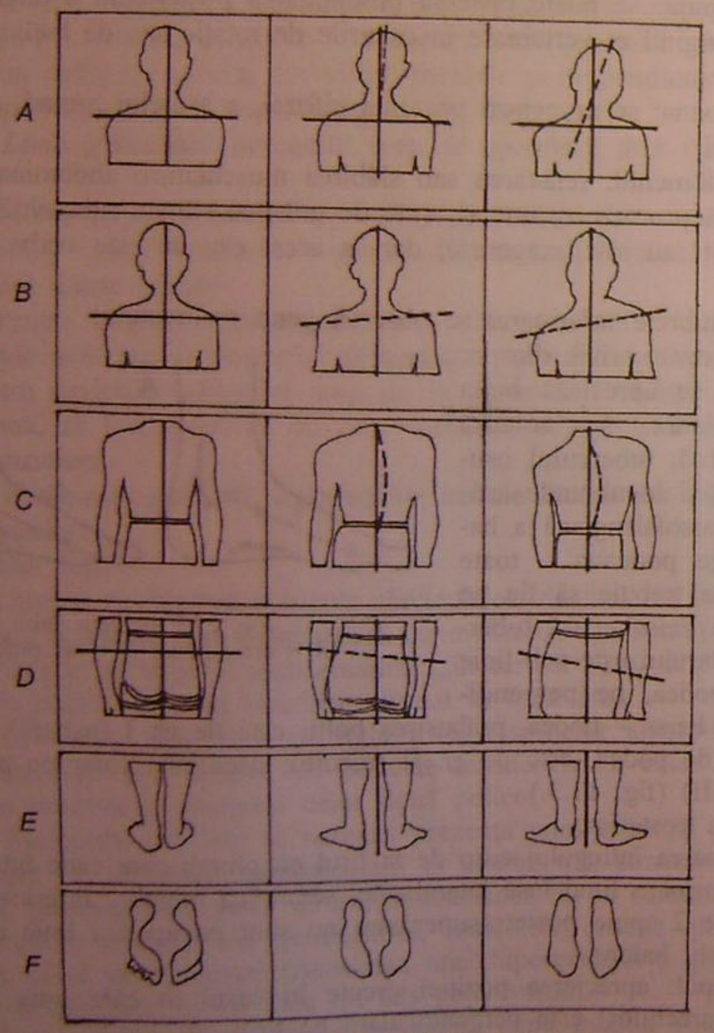


Fig. 11.4. – Carta evaluării posturale:

A: 5 – Postură normală; 3 – Cap deviat uşor într-o parte; 1 – Cap direct marcat spre o parte.
B: 5 – Postură normală; 3 – Asimetria umerilor uşoară; 1 – Asimetrie marcată.
C: 5 – Postură corectă; 3 – Scolioză dorsală moderată; 1 – Scolioză dorsală accentuată.
D: 5 – Postură normală; 3 – Asimetria membrelor inferioare; 1 – Basculare accentuată de bazin.
E: 5 – Orientare picioare normală; 3 – Picioare moderat rotate în afară; 1 – Picioare în pronaţie.
F: 5 – Boltă plantară accentuată; 3 – Moderat picior plat; 1 – Picior plat accentuat.

Deposturările şi dezalinierile atrag imediat dezechilibre musculare, alungiri sau scurtări de muşchi, schimbări în mărimea braţelor momentului, ceea ce modifică torque-ul. Muşchii obosesc mai uşor şi mai repede, articular apar încărcări inadecvate.

Se consideră că deposturarea se răsfrânge funcţional în special asupra muşchilor care pot realiza câteva mecanisme disfuncţionale:

a) Substituţia. Apropierea capetelor de inserţie a muşchilor principali ai unei mişcări obligă sinergiştii să preia mişcarea pe baza unor noi stereotipuri dinamice. Această substituţie va slăbi treptat musculatura principală puţin şi prost utilizată.

b) Înstrăinarea. În condiţia unei contracturi puternice a antagonistului, acţiunea agonistului devine foarte dificilă instalându-se ceea ce s-a numit „pareza funcţională".

c) Compensarea. Este procesul care stă la baza mişcărilor trucate *(trick mouvements)* în care o caricatură de mişcare este executată de alte grupe musculare decât grupul funcţional al respectivei mişcări. Aceste grupe nu pot lucra datorită slăbirii lor prin deposturare.

d) Incoordonarea. Deposturările importante afectează întreg lanţul kinetic al unei mişcări. Exemplul cel mai elocvent este mersul la pacienţii cu diferite deficite posturale şi de aliniament ale membrelor inferioare. Prin adaptare defectuoasă a mersului, procesele de coordonare proprioceptivă se modifică, apărând incoordonări cu tulburări de echilibru.

Implicarea sistemului muscular atât de mult în deposturări şi dezalinieri are 2 consecinţe:

1. Evaluarea deposturării cuprinde obligatoriu şi evaluarea musculară.
2. Asistenţa de recuperare în deposturări se va adresa în primul rând musculaturii alături sau nu de ortopedochirurgia corectoare.

11.4.4. *Evaluarea controlului muscular şi a coordonării*

(A se citi împreună cu capitolul „Controlul motor")

Controlul muscular, coordonarea şi echilibrul alcătuiesc împreună *„controlul motor"* care se defineşte ca „abilitatea de a realiza ajustări ale posturii dinamice şi a regla mişcările corpului şi membrelor". Cu alte cuvinte, mişcările noastre de la cele mai simple la cele mai complexe sunt realizate pe baza acestui control motor. Se precizează însă că este vorba de mişcări voluntare, comandate sau automate dar mişcări orientate precis pe scopul propus, mişcări coordonate, mişcări engramate. Controlul motor se dezvoltă, după naştere, în etape succesive: *mobilitatea, stabilitatea, mobilitatea controlată şi abilitatea.*

În acest subcapitol se va prezenta evaluarea doar a controlului muscular şi a coordonării. Echilibrul va fi evaluat separat în capitolul „Control motor" deoarece implică o serie de teste speciale ale controlului motor.

Evaluarea controlului motor înseamnă în fond a evalua abilitatea unui subiect de a se mişca, de a activa.

d) Coloana: se notează deviaţiile laterale ale coloanei, funcţionale sau structurale, prin manevrele de diferenţiere cunoscute (nu este cazul să fie expuse aici); se apreciază spatele plat.

e) Picioarele: linia tendoanelor ahiliene „fuge" în afară în cazul picioarelor plate, în eversia calcaneelor.

Există desigur o serie de alte aprecieri posturale care se pot face dar cele de mai sus sunt considerate ca principale şi obligatoriu de înregistrat.

În figura 11.4. se prezintă o „cartă" a principalelor deposturări.

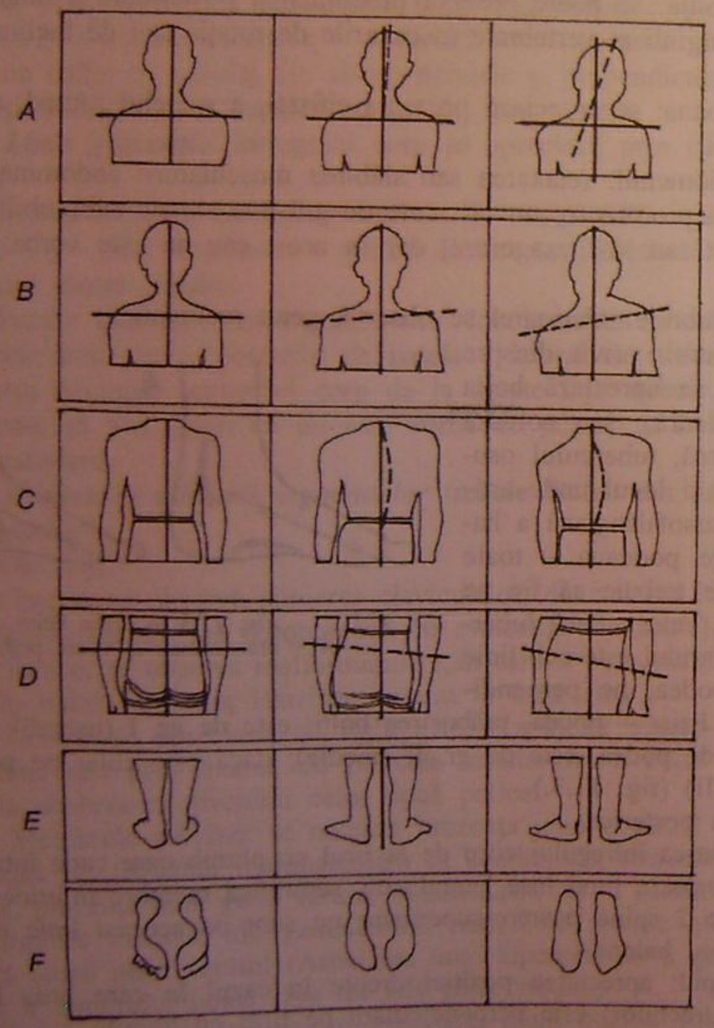


Fig. 11.4. – Carta evaluării posturale:

A: 5 – Postură normală; 3 – Cap deviat uşor într-o parte; 1 – Cap direct marcat spre o parte.
B: 5 – Postură normală; 3 – Asimetria umerilor uşoară; 1 – Asimetrie marcată.
C: 5 – Postură corectă; 3 – Scolioză dorsală moderată; 1 – Scolioză dorsală accentuată.
D: 5 – Postură normală; 3 – Asimetria membrelor inferioare; 1 – Basculare accentuată de bazin.
E: 5 – Orientare picioare normală; 3 – Picioare moderat rotate în afară; 1 – Picioare în pronaţie.
F: 5 – Boltă plantară accentuată; 3 – Moderat picior plat; 1 – Picior plat accentuat.

Deposturările şi dezalinierile atrag imediat dezechilibre musculare, alungiri sau scurtări de muşchi, schimbări în mărimea braţelor momentului, ceea ce modifică torque-ul. Muşchii obosesc mai uşor şi mai repede, articular apar încărcări inadecvate.

Se consideră că deposturarea se răsfrânge funcţional în special asupra muşchilor care pot realiza câteva mecanisme disfuncţionale:

a) Substituţia. Apropierea capetelor de inserţie a muşchilor principali ai unei mişcări obligă sinergiştii să preia mişcarea pe baza unor noi stereotipuri dinamice. Această substituţie va slăbi treptat musculatura principală puţin şi prost utilizată.

b) Înstrăinarea. În condiţia unei contracturi puternice a antagonistului, acţiunea agonistului devine foarte dificilă instalându-se ceea ce s-a numit „pareza funcţională".

c) Compensarea. Este procesul care stă la baza mişcărilor trucate *(trick mouvements)* în care o caricatură de mişcare este executată de alte grupe musculare decât grupul funcţional al respectivei mişcări. Aceste grupe nu pot lucra datorită slăbirii lor prin deposturare.

d) Incoordonarea. Deposturările importante afectează întreg lanţul kinetic al unei mişcări. Exemplul cel mai elocvent este mersul la pacienţii cu diferite deficite posturale şi de aliniament ale membrelor inferioare. Prin adaptare defectuoasă a mersului, procesele de coordonare proprioceptivă se modifică, apărând incoordonări cu tulburări de echilibru.

Implicarea sistemului muscular atât de mult în deposturări şi dezalinieri are 2 consecinţe:

1. Evaluarea deposturării cuprinde obligatoriu şi evaluarea musculară.
2. Asistenţa de recuperare în deposturări se va adresa în primul rând musculaturii alături sau nu de ortopedochirurgia corectoare.

11.4.4. *Evaluarea controlului muscular şi a coordonării*

(A se citi împreună cu capitolul „Controlul motor")

Controlul muscular, coordonarea şi echilibrul alcătuiesc împreună *„controlul motor"* care se defineşte ca „abilitatea de a realiza ajustări ale posturii dinamice şi a regla mişcările corpului şi membrelor". Cu alte cuvinte, mişcările noastre de la cele mai simple la cele mai complexe sunt realizate pe baza acestui control motor. Se precizează însă că este vorba de mişcări voluntare, comandate sau automate dar mişcări orientate precis pe scopul propus, mişcări coordonate, mişcări engramate. Controlul motor se dezvoltă, după naştere, în etape succesive: *mobilitatea, stabilitatea, mobilitatea controlată şi abilitatea.*

În acest subcapitol se va prezenta evaluarea doar a controlului muscular şi a coordonării. Echilibrul va fi evaluat separat în capitolul „Control motor" deoarece implică o serie de teste speciale ale controlului motor.

Evaluarea controlului motor înseamnă în fond a evalua abilitatea unui subiect de a se mişca, de a activa.

Orice abatere de la realizarea unei mişcări corecte, cu abilitatea necesară executării unei sarcini va determina o incapacitate motorie, un *„disability"* deci o situaţie patologică.

Aprecierea, assessmentul complet asupra controlului motor este o problemă complexă necesitând strângerea unui mare număr de informaţii care rareori poate fi făcută într-o singură şedinţă, într-o zi.

Această apreciere nu înseamnă doar a testa o serie de gesturi ale membrelor ci şi a testa posturile de bază (culcat, şezut, stând), modul de trecere dintr-o postură în alta, deplasarea etc.

Procesul complex de apreciere *(assessment)* al controlului motor se desfăşoară în 5 etape:

1) ***Etapa întâi*** este a „impresiilor iniţiale" în care se adună toate informaţiile de la familie, medici, nurse, îngrijitori etc. despre starea funcţională a pacientului.

2) ***Etapa a doua*** este etapa „observării posturii şi a controlului mişcărilor" în care testatorul trebuie să sesizeze abateri de la postura normală, existenţa unor mişcări anormale a unor deficite de mobilizare, a mişcărilor compensatorii, toate aceste aspecte afectând performanţa subiectului. Concomitent trebuie să se observe domeniul kinetic în care performanţa motorie este normală.

În această etapă, testatorul cere subiectului să performeze o serie de mişcări specifice (unele reprezintă testele formale de care se va discuta ceva mai departe) ale trunchiului şi membrelor, separate sau combinate, mişcări în cadrul unor scopuri precise (cum ar fi ADL-urile). Toate observaţiile făcute în cadrul acestei etape se compară cu mişcările normale.

Observaţiile asupra mişcării trebuie să cuprindă:

a) Poziţia de start a corpului şi baza de susţinere a corpului. Simetria sau asimetria distribuirii greutăţii corporale, devierile posturale, diferenţele între cele două părţi simetrice ale corpului.

b) Iniţierea fazei de mişcare, direcţia de mişcare, schimbări în baza de susţinere.

c) Momentul de trecere a unei mişcări spre o alta în contextul secvenţelor de mişcare (modificări posturale, ale bazei de susţinere, noua direcţie de mişcare etc.).

d) Momentul de terminare a mişcării (în ce poziţie a corpului, membrelor, baza de susţinere).

e) Aprecierea amplitudinii mişcării.

f) Calitatea mişcării (viteză, ritm, estetică, lină etc.).

3) ***Etapa a treia*** „asistarea manuală" a testatorului pentru a corecta aliniamentul, a modifica o mişcare atipică, a ajuta executarea unei mişcări care nu poate fi făcută independent, a bloca mişcările trucate. În această etapă, testatorul se implică activ alături de pacient în realizarea mişcărilor comandate.

4) ***Etapa a patra*** are ca obiectiv „evaluarea incapacităţilor relevante", de fapt o apreciere analitică a tuturor cauzelor disfuncţionale care stau la baza deficitului de mişcare cum ar fi: limitări ale amplitudinii de mişcare,

scădere de forţă musculară, de rezistenţă musculară, de aliniament, de echilibru, de comandă motorie etc.

5) ***Etapa a cincea*** este etapa „analizei informaţiilor" în care se face o listă a problemelor disfuncţionale ale pacientului şi în al doilea rând se conturează modalitatea de rezolvare a acestor probleme.

Se înţelege că evaluarea controlului motor pe baza etapelor de mai sus se bazează pe o *testare informală*. Nu este vorba de o testare standardizată, ci de aprecierea mişcărilor obişnuite sau comandate, a modului de execuţie a acestora. În acest context de observaţie informală asupra unor mişcări libere se urmăreşte gradul de coordonare, adică „abilitatea de realiza mişcarea respectivă":

- cu acurateţe
- cu precizie
- cu viteză variabilă
- la diverse ritmuri
- cu utilizarea unui minim de grupe musculare
- cu o forţă adecvată
- cu un tonus postural corect
- cu un perfect echilibru.

Alături de această largă evaluare informală adâncim aprecierea printr-o evaluare formală utilizând tehnica mişcărilor impuse standardizate. Între cele două categorii se plasează testarea controlului motor cu ajutorul ADL-urilor *(Activities of Daily Living)* a activităţilor umane curente.

Despre evaluarea ADL-urilor nu se va discuta aici, ci ceva mai departe, la subcapitolul evaluărilor complexe sau globale.

Dintre testele formale, standardizate, care apreciază incoordonarea, amintim câteva:

- Testul index-nas. Pacientul trebuie să-şi aşeze indexul pe vârful nasului venind repede cu mâna din poziţia de abducţie a braţului.
- Testul index testator – index pacient, o variantă a testului de mai sus. Testatorul oferă faţa pulpară a indexului său la diverse poziţii ale membrului superior, pacientul trebuind să-şi pună propriul index pe el.
- Testul număratului degetelor prin aplicarea rapidă la rând a vârfurilor degetelor pe pulpa policelui.
- Testul marionetelor. Cu braţele întinse se fac, cu ambele mâini, o serie de pronosupinaţii rapide.
- Testul călcâi-genunchi. Din decubit dorsal pacientul va pune repede călcâiul deasupra genunchiului opus.
- Testarea fenomenului Holmes. Pacientul flectează antebraţul (sau alt segment) şi ne opunem acestei mişcări. Brusc eliberăm contrarezistenţa. Antebraţul şi mâna vor lovi puternic umărul şi eventual faţa căci pacientul nu poate controla stoparea la timp a mişcării.
- Testarea scrisului.
- Testul trasării optului pe duşumea. Din ortostatism, sprijin pe un picior iar cu vârful celuilalt picior se trasează cifra 8 pe duşumea.
- Etc.

În testarea incoordonării există câteva reguli:

a) Înaintea testării se vor evalua mobilitatea articulară, tonusul şi forţa musculară.

b) Testările incoordonării se fac din diverse posturi (din cele de bază obligatoriu).

c) Se apreciază abilitatea mişcării fără stabilizarea articulaţiilor proximale, apoi comparativ stabilizând articulaţia proximală apoi pe următoarea spre distal observând performanţa execuţiei (ex. stabilizăm umărul, apoi cotul, apoi şi pumnul pentru a vedea abilitatea mâinii în aceste secvenţe).

d) În execuţia mişcărilor informale sau ale testelor formale se va da atenţie observării tremorului de repaus sau intenţional.

e) Uneori se aplică nişte greutăţi ca nişte manşete la extremităţi în timpul activităţii pentru a se constata dacă se agravează incoordonarea.

f) Se urmăreşte dacă starea emoţională agravează incoordonarea.

g) Idem, în ceea ce priveşte starea de oboseală.

Evaluarea controlului motor alături de evaluarea musculară şi cea a amplitudinii de mişcare formează trepiedul de bază al aprecierii funcţiei aparatului locomotor în patologia neurologică, reumatismală şi ortopedotraumatică.

11.4.5. *Testarea echilibrului*

Este discutată în cadrul capitolului „Controlul motor" motiv pentru care nu mai revenim aici.

11.4.6. *Evaluarea sensibilităţii*

Se impune încă de la început o rapidă precizare terminologică. În accepţiunea medicală românească se face o deosebire între „senzoriu" care se referă la organele de simţ şi „sensitiv" care se referă la sensibilitatea periferică (tactilă, termică, dureroasă etc.). În literatura anglo-saxonă există termenul general de „senzoriu" în care intră:

- sistemul somatosenzitiv
- gustul şi mirosul
- văzul şi auzul.

Utilizarea unui singur termen are desigur unele avantaje în înţelegerea proceselor integrative senzitivo-senzoriale.

În continuare, vom utiliza ambele exprimări şi anume termenul de „senzoriu", „senzorial" şi „senzaţie" când va fi vorba în general de informaţiile primite de SNC păstrând termenul de „sensitiv", „sensitivitate" când va fi vorba de informaţiile de la periferie. Pentru informaţiile de la organele de simţ le vom specifica ca atare.

Senzaţia se defineşte ca: „o experienţă conştientă realizată pe baza informaţiilor senzoriale şi tradusă într-o reprezentare specifică tipului de informaţie". Se înţelege de ce termenul de senzoriu cuprinde toate informaţiile aferente venite către SNC prin secvenţele recepţie periferică→transmitere→ recepţie centrală→interpretarea stimulilor.

Callahan face deosebire între „senzaţie" care reprezintă stimulii transmişi la centru şi „sensibilitate" care ar fi capacitatea acestor centri de a percepe sau/şi a interpreta aceşti stimuli senzoriali.

Toată informaţia senzorială aferentă vine de la receptorii periferici, trece prin talamus (cu excepţia olfacţiei care ajunge direct în cortexul primitiv în lobul temporal medial) şi ajunge în cortexul senzitiv.

Informaţia senzorială este utilizată pentru obţinerea de senzaţii (informare din mediu), pentru controlul mişcărilor şi pentru menţinerea stării vigile în mediu. Se înţelege de aceea importanţa deosebită a evaluării senzoriale.

În cadrul acestui capitol se va discuta numai evaluarea senzoriului periferic, adică a somatosensibilităţii. Evaluarea senzoriului organelor de simţ reprezintă o problemă separată de care se ocupă alţi specialişti.

Din păcate, este o realitate că foarte puţini kinetoterapeuţi consideră că evaluarea şi recuperarea sensibilităţii fac parte integrantă din activitatea lor, dar şi mai puţini chiar aplică această părere.

Pierderea sensibilităţii reprezintă un deficit funcţional deosebit de important ce se instalează în boli neurologice centrale şi periferice iar evaluarea ei se înscrie de fapt în cadrul examenului neurologic complet.

Afectarea sensibilităţii se produce fie prin imposibilitatea recepţionării stimulului sensitiv, fie prin întreruperea căilor de transmitere a acestui stimul, fie prin imposibilitatea de percepere a stimulului sau de pierderea analizei conştiente senzitive.

Pentru asistenţa de recuperare pierderea sensibilităţii reprezintă o creştere a dificultăţilor de recuperare motorie ceea ce face ca recuperarea sensitivităţii să fie strâns legată de recuperarea motorie făcând parte din ea şi deci căzând în sarcina kinetoterapeutului.

Din acest motiv, evaluarea sensibilităţii va deveni de asemenea obiectiv prioritar al kinetoterapeutului (al recuperatorului în general).

Testarea sensibilităţii are câteva reguli obligatorii:

- pacientul nu trebuie să vadă manevra testării (regula de bază);
- nu se va distrage atenţia pacientului prin zgomot, conversaţie etc.;
- zona testată trebuie poziţionată în mod confortabil;
- se va testa şi zona simetrică a membrului sănătos pentru a se putea face comparaţie şi a avea astfel o mai bună acurateţe a răspunsului;
- se va explica pacientului în ce constă testarea pentru ca acesta să înţeleagă bine cum va decurge testul;
- testarea sensibilităţii este obositoare cerând o concentrare mare a pacientului, motiv pentru care ea nu trebuie prelungită mult în timp. Mai bine se reia mai târziu.

Iată câteva din testele obligatorii ale sensibilităţii, teste care apreciază diferitele tipuri de sensibilitate.

1. ***Testarea tactilă,*** prin „atingerea uşoară" a pielii (receptorii sunt aşezaţi superficial în piele) cu vată, deget, un obiect bont. Pacientul va pre-

ciza dacă simte şi unde simte. Uneori solicităm ca pacientul să pună degetul exact pe punctul atins la testare nu numai să-l precizeze în general („pe coapsă, pe mână etc."). Se admit deviaţii de la locul exact cu cca 1,5 cm la nivelul mâinii şi cu 3 cm la braţ etc.

Testarea tactilă se va face pe dermatoamele de inervaţie ale nervilor lezaţi fiind în acelaşi timp şi un test diagnostic de sediu lezional.

2. ***Testarea presiunii*** se realizează prin presarea fermă a tegumentului cu un obiect bont până „se albeşte" pielea. Normal simţim presiunea la 2,44-2,83 mg, pe tegumentul mâinii. Receptorii de presiune sunt subcutan şi în profunzime. Sensibilitatea la presiune poate compensa într-o oarecare măsură scăderea tactilă.

Pentru unii testarea presiunii ar fi mai corectă utilizând un diapazon de 256 Hz şi simţindu-i vibraţia.

3. ***Testul termal*** apreciază senzaţia de cald şi rece. Se utilizează 2 eprubete, una cu apă caldă (clasic se recomandă 43°) şi una cu apă rece (la 7°). Se atinge pielea solicitând precizarea din partea pacientului să specifice ce a simţit. Există şi o a doua tehnică, cu 4 eprubete cu apă rece-călduţă-caldă-fierbinte. Pacientul le ia în mână pe rând şi i se cere să le aranjeze în ordine de la fierbinte la rece. În mod normal, mâna diferenţiază temperaturi de 1-5°.

4. ***Testul durerii superficiale*** provoacă durerea prin înţepare. Se recomandă un ac de siguranţă pentru a testa concomitent şi sensibilitatea la presiune, apăsând pe piele cu partea neascuţită a acului de siguranţă. Pacientul va discrimina recunoscând „înţepatul" şi „apăsatul":

– Dacă le recunoaşte pe ambele→normal;
– Dacă nu recunoaşte nici unul→anestezie;
– Dacă simte înţepatul ca apăsare→sensibilitatea de presiune este prezentă;
– Dacă simte apăsatul ca înţepat→hiperalgie.

Frecvent azi nu se mai utilizează înţeparea pentru a testa sensibilitatea dureroasă, ci vibraţia unui diapazon de 30 Hz care excită aceiaşi receptori ai durerii.

5. ***Testul discriminării a 2 puncte,*** test foarte vechi (Weber, 1853) este deosebit de important în diagnostic. Se utilizează un aparat ca un compas terminat cu 2 ace. Se începe testarea cu cele 2 braţe ale compasului deschise mai mult şi care înţeapă concomitent pielea. Pacientul simte două înţepături. Treptat se strâng cele 2 braţe până când pacientul simte doar o înţepătură deşi a fost înţepat de acele ambelor braţe. Între 10 mm şi 2 mm începe să se piardă discriminarea. Vârstnicii au discriminare mai proastă. Femeile au discriminare mai bună ca bărbaţii. Există diferenţe de discriminare şi între diversele zone tegumentare (ex., 2-3 mm la pulpa degetului şi 68 mm la coapsă).

Testul compară discriminarea zonelor simetrice.

6. ***Testul hărţii*** apreciază modul în care s-a făcut reinervarea sensitivă după o leziune de nerv periferic. Testatorul atinge (sau înţeapă uşor) un punct de pe pielea unui teritoriu de inervaţie sensitivă şi pacientul trebuie să arate exact unde a fost excitaţia.

În reinervare iniţial noua „hartă" sensitivă se poate abate mult de la vechea „hartă". Recuperarea sensibilităţii normale se realizează chiar prin metoda acestui test.

7. ***Testul stereognoziei*** este nu numai test, ci şi mijloc de recuperare a sensibilităţii. Testul solicită pacientul să identifice obiecte, de la obiecte mari, grele, aspre, tari etc. la obiecte mici, uşoare, moi, fine etc.

Astereognozia este un deficit sensitiv sever care afectează mult ADL-urile.

8. ***Testul grafesteziei*** este un test mai elaborat pentru sensibilitatea tactilă. Testatorul scrie pe pielea pacientului cu degetul o literă sau o cifră, acesta trebuind să o recunoască.

9. ***Testul kinestezic*** sau al poziţiei şi direcţiei de mişcare evaluează valoarea proprioceptorilor. Are o mare valoare în aprecierea tulburărilor de sensibilitate şi în concret a funcţiei de coordonare-echilibru.

Testatorul mişcă o articulaţie în 2-3 sensuri apoi opreşte segmentul într-o poziţie, pacientul trebuind să recunoască această poziţie. De asemenea, se mişcă lent un segment într-o direcţie, iar subiectul trebuie să recunoască această direcţie.

Testul se execută iniţial pe segmentele mari, apoi la nivelul degetelor.

*
* *

Deoarece în această monografie nu s-a afectat un capitol problemei sensibilităţii somatice şi respectiv bazelor teoretice şi practice ale reeducării funcţionale a acestor tulburări se vor înscrie în continuare câteva aspecte generale legate de reeducarea sensibilităţii.

Se consideră că pacientul nu poate începe reeducarea sensitivă decât în momentul în care va simţi vibraţia de 30 Hz sau 256 Hz a diapazoanelor fără să privească (J. Maynard).

Există câteva reguli în reeducarea sensibilităţii:

1. Indiferent de stimularea executată pentru reeducare, ea va fi făcută întâi sub privirea pacientului, pentru ca apoi, la stimulări similare, acestuia să i se acopere ochii.

2. Şedinţa de reeducare nu durează mai mult de 5-10 minute, dar se repetă în timpul zilei. Un obiect trebuie recunoscut în maximum 60 de secunde, apoi obiectul este schimbat.

3. Progresia în ceea ce priveşte stimulul aplicat constă în aceea că se pleacă de la un stimul intens, grosolan, greu, aspru etc. spre unul fin, mic, uşor, moale etc. De asemenea, pentru reeducarea propriocepţiei şi kinesteziei se porneşte de la articulaţiile mari spre cele mici.

4. În cazul unui deficit senzitiv unilateral, stimularea simultană (acelaşi tip de stimul, în aceeaşi zonă), simetrică, asigură o mai rapidă reeducare senzitivă – mai ales în exerciţiile pentru refacerea stereognoziei, stimularea bilaterală simetrică (cu ochii acoperiţi) este deosebit de utilă.

5. În ordine, reeducarea sensibilităţii se începe cu antrenarea sensibilităţii la presiune-durere a propriocepţiei şi kinesteziei; se continuă cu sensibilitatea termică (întâi la rece, apoi la cald).

Când există semne ale unui început de refacere pentru recepţia elementară, se introduc în paralel exerciţiile stereognozice. Vor fi oferite pentru recunoaştere obiecte uzuale bine cunoscute, apoi, treptat, obiecte mai deosebite sau confecţionate special pentru reeducarea sensibilităţii.

Cea mai mare parte a programului de reeducare sensitivă este ocupat cu exerciţiile stereognozice; obţinerea unui progres în această direcţie va determina trecerea la un sistem de reeducare mai complex, şi anume încorporarea funcţiei motorii în contextul antrenamentului sensitiv (V.B. Mountcastle). Acest gen de exerciţii sunt copiate după activitatea zilnică obişnuită (apucarea unui obiect de pe masă, scoaterea obiectelor dintr-o cutie sau dintr-un sertar, învârtirea unor robinete, butoane etc., răsfoirea unei cărţi etc.).

Reinervarea sensitivă – ca şi cea motorie de altfel – se poate face aberant, astfel încât pacientul va simţi stimulul sensitiv într-o altă zonă decât cea excitată. Această deficienţă de reinervare poate fi reeducată cu răbdare atât din partea kinetoterapeutului, cât şi a pacientului. Se procedează astfel: asistentul excită un punct pe piele, iar pacientul, cu ochii închişi, precizează unde a simţit excitaţia şi natura acesteia (atingere sau înţepare). Deschide apoi ochii şi priveşte locul unde asistentul excită din nou. După aceea, închide din nou ochii, iar asistentul excită acelaşi loc – se repetă de 3-4 ori excitaţia pe acelaşi loc; cu aceeaşi tehnică sunt excitate apoi şi alte puncte. Treptat, pacientul îşi va reface „harta sensibilităţii" teritoriului afectat, realizând un nou corespondent între locul excitaţiei şi recepţia corticală.

Reeducarea sensibilităţii trebuie să-şi găsească acelaşi loc important în recuperarea funcţională, ca şi reeducarea mobilităţii.

11.4.7. *Evaluarea apraxiei*

Praxis (praxie) = abilitatea de a planifica şi performa o mişcare propusă.

Apraxie (dispraxie) = absenţa acestei capacităţi deşi există toate condiţiile ca mişcarea să poată fi executată (forţă musculară, feedback sensitiv, coordonare, cogniţie).

Dispraxia o întâlnim relativ frecvent la pacienţii cu leziuni cerebrale. La hemiplegici după AVC uneori deficitul funcţional cel mai important este dat de dispraxie. Uneori putem să ne înşelăm şi să considerăm absenţa mişcărilor sau a vorbitului ca având cauză motorie sau afazică când de fapt este vorba de o apraxie.

Există 3 forme de apraxie:

a) ***Apraxia ideaţională*** reprezintă „inabilitatea de a forma un concept al mişcării şi inabilitatea de a executa actul motor ca răspuns la o comandă sau în mod automat".

b) ***Apraxia ideomotorie*** se constituie pe „incapacitatea de a realiza un act motor la comandă, dar poate să-l realizeze automat sau chiar poate să-l descrie fără să-l poată executa".

c) ***Apraxia construcţională*** se evidenţiază prin „incapacitatea de a desena, copia, construi un desen la comandă, nu poate asambla părţi dintr-un întreg".

Apraxia de îmbrăcare ar fi o formă aparte de dispraxie în care pacientul nu se poate îmbrăca, făcând tot felul de greşeli (haina înaintea cămăşii, pantalonii îi trage peste cap etc.).

Această formă de apraxie se utilizează şi ca testare.

În rezumat dispraxicul nu execută mişcarea pe care i-o solicităm, nu pronunţă cuvântul pe care i-l cerem dar în alte momente fără să fie solicitat poate face respectiva mişcare sau poate pronunţa corect cuvântul solicitat. Desigur există o serie de variaţii ale acestui tablou.

Evaluarea apraxiei se face în 3 etape succesive:

Etapa 1 a solicitărilor verbale:

- Arată-mi cum bei un pahar cu apă.
- Arată-mi cum îţi speli dinţii.
- Arată-mi cum tai cu foarfeca o hârtie.
- Arată-mi cum sufli într-o lumânare.
- Arată-mi cum te speli pe mâini.
- Etc.

Fiecare comandă trebuie să aibă răspunsul în 10 sec. Răspunsul este mimarea gestuală a solicitării.

Dacă pacientul nu poate executa solicitările verbale, se trece la

Etapa a 2-a a demonstrării de către testator a gesturilor de mai sus solicitând pacientul să ne imite, să repete gesturile.

Dacă şi această testare este negativă, se trece la

Etapa a 3-a când se dă pacientului obiectul pentru gestica respectivă: foarfeca şi hârtia, lumânarea aprinsă, paharul cu apă etc., pacientul urmând să execute în concret acţiunea solicitată.

În final, în funcţie de rezultatele obţinute, se codifică după o scală 0-3.

0 = normal;

1 = deficitar: realizează testul cu dificultate pentru majoritatea solicitărilor, depăşind timpul acordat;

2 = deficitar sever: slabă realizare, doar pentru câteva solicitări, dificilă, depăşeşte timpul afectat, încearcă şi greşeşte de mai multe ori;

3 = incapabil: nu poate performa testul.

11.4.8. *Evaluarea disfuncţiei cognitive*

Cogniţie = capacitatea de *„a înţelege"*, de *„a şti"*, de *„a judeca"*, de *„a lua decizii"*, de *„a fi conştient de mediul înconjurător"* etc.

Cogniţia permite indivizilor de a utiliza informaţiile pentru a gândi şi acţiona.

În bolile creierului, dar şi odată cu îmbătrânirea, cogniţia este afectată.

Există mai multe categorii ale cogniţiei care se pot constitui în tot atâtea deficienţe:

– atenţia;
– memoria;
– iniţiativa;
– abilitatea de a calcula;
– orientarea;
– planificarea şi organizarea;
– flexibilitatea mintală;
– abstractizarea;
– soluţionarea problemelor;
– conştienţa şi perspicacitatea;
– etc.

Fiecare din aceste categorii cognitive pot fi testate, pornindu-se de la testele informale prin relatările rudelor, persoanelor din anturajul pacientului până la testări directe.

Spre exemplu, trebuie să precizăm ce fel de dezorientări are pacientul: asupra persoanelor, asupra locului unde se află, asupra timpului.

Sau în testarea memoriei se va stabili care memorie este afectată şi în ce grad: memoria vizuală, auditivă, recentă, trecută.

La întrebările de testare a memoriei putem primi răspunsuri prompte care ne pot duce în eroare. Pacienţii cu tulburări de memorie au tendinţă la confabulare motiv pentru care răspunsurile trebuie controlate prin membrii de familie sau alţi apropiaţi ai bolnavului.

Atenţia este un alt aspect foarte important al cogniţiei. Există de fapt 2 tipuri de „atenţie":

– atenţia automată utilizată subcortical în timpul unei activităţi automate ca mersul, respiraţia etc.;
– atenţia controlată (gânditā).

Înlocuirea atenţiei automate cu una controlată este semn de perturbare a atenţiei.

Astfel, la pacienţii după accident vascular cerebral, dacă le punem o întrebare în timpul mersului, pacientul se opreşte ca să ne răspundă. Este un test că nu are atenţia automată de mers.

În cadrul cogniţiei există şi aşa-numitele *„funcţiuni executive"* cum sunt: apatia, indiferenţa, lipsa spontaneităţii. Întâlnim deseori la vârstnici din stadiul IV aceste semne sau în leziuni de lob frontal. Aceste persoane nu manifestă nici un scop, nu fac vreun plan de a acţiona într-o problemă. Sau dacă încep ceva nu persevorează, se opresc. Pentru lipsa acestor funcţiuni executive, familia rămâne sursa de evaluare.

Abstractizarea ca formă a cogniţiei o evaluăm solicitând subiectului să răspundă la unele întrebări din care se va vedea uşor că nu poate face corelări între obiecte, fapte, idei şi nu poate recunoaşte absurdităţile pe care le prezentăm.

Discalculia (dificultatea de a calcula) se testează pornindu-se de la calcule simple de clasele primare şi urcând spre calcule mai complexe.

O precizare: Calitatea cogniţiei este dependentă de integritatea altor sisteme: organe de simţ, sensibilitate periferică, limbaj, educaţie etc. de aceea

înainte de testarea cogniţiei trebuie depistate eventualele deficite care influenţează cogniţia, dar nu fac parte din ea. Pentru o apreciere globală şi rapidă a cogniţiei s-au alcătuit o serie de teste screening care ne permit o destul de bună evaluare a stării cognitive a pacientului. Un exemplu de un astfel de test este cel de mai jos:

Testare cognitivă

1. ***Orientarea***

Punem subiectului următoarele întrebări şi pentru fiecare răspuns corect acordăm 1 punct.

– În ce dată suntem? ..... ( )
– În ce an? ..... ( )
– În ce lună? ..... ( )
– În ce sezon? ..... ( )
– În ce ţară ne aflăm? ..... ( )
– În ce oraş? judeţ? ..... ( )
– În ce spital? ..... ( )
– Cine este persoana X sau Y? ..... ( )
(persoană pe care trebuie să o cunoască)

2. ***Înregistrare***

Îi spunem pacientului 3 cuvinte şi îi atragem atenţia să le memoreze căci peste 5 min îl vom întreba. Se acordă 1 punct pentru fiecare cuvânt memorat.

3. ***Atenţie şi calculaţie***

Cerem pacientului să spună 5 cifre pornind îndărăt de la 20 şi scăzând câte 3 (17-14-11-8-5). Sau plecând de la 100 şi scăzând câte 7 (93-86-79-72-65) etc. Pentru fiecare număr corect acordăm 1 punct

4. ***Reamintirea***

Resolicităm subiectului să ne repete cele 3 cuvinte de la punctul 2 şi acordăm câte 1 punct pentru fiecare cuvânt reamintit.

5. ***Limbajul***

Îi cerem să repete după noi „33 de cocostârci pe casa lui Kogălniceanu". Acordăm 1 punct numai dacă repetă bine de la prima încercare.

6. ***Alte aspecte***

– Comandăm subiectului o acţiune compusă din 3 subacţiuni: „luaţi de pe masă hârtia cu mâna dreaptă, o îndoiţi pe jumătate, apoi o puneţi din nou pe masă". Se acordă câte 1 punct pentru fiecare subacţiune corectă.

– Cerem pacientului să citească un scurt text care este urmat de „închideţi ochii". Acordăm un punct dacă închide ochii.

– Solicităm pacientului să scrie o propoziţie care să aibă subiect, predicat şi un anumit sens. Nu contează corectitudinea gramaticală sau ortografică. Se acordă 1 punct.

– Oferim un desen geometric cu unghiuri şi intersecţii de linii. Cerem pacientului să-l reproducă. Dacă unghiurile şi intersecţiile sunt corecte acordăm 1 punct.

În final, totalizăm punctele acumulate apreciind suma lor faţă de numărul maxim de puncte.

O problemă importantă este testarea pacienţilor afazici nu atât pentru deficitul de exprimare (afazia motorie) cât mai ales pentru afazia senzorială (receptivă), de înţelegere şi răspuns corect.

Rapid testăm afazia solicitând pacientului să repete cuvintele pe care i le spunem noi apoi să denumească obiectele pe care i le arătăm. Există teste mai complexe sub formă de scale cuantificate care ne informează şi asupra capacităţii cognitive a pacientului sechelar de leziune corticală.

Vom prezenta testul Token compus din 4 părţi cu o serie de comenzi care se raportează la o recuzită specială formată din imagini (poze) de cercuri şi pătrate de diverse culori (roşu, alb, verde, negru, albastru, galben) şi 2 dimensiuni (mic-mare).

Partea 1:

1. Atingeţi un cerc
2. Atingeţi un pătrat
3. Atingeţi o formă albastră
4. Atingeţi o formă roşie
5. Atingeţi o formă neagră
6. Atingeţi o formă verde
7. Atingeţi o formă albă

Partea a 2-a:

8. Atingeţi un pătrat albastru
9. Atingeţi un cerc negru
10. Atingeţi un cerc verde
11. Atingeţi un pătrat alb

Partea a 3-a:

12. Atingeţi un cerc mic şi alb
13. Atingeţi un pătrat mare şi albastru
14. Atingeţi un pătrat mare şi verde
15. Atingeţi un cerc mic şi negru

Partea a 4-a:

16. Atingeţi cercul roşu şi pătratul verde
17. Atingeţi pătratul albastru şi pătratul negru
18. Atingeţi pătratul alb şi cercul verde
19. Atingeţi cercul alb şi cercul roşu

Partea a 5-a:

20. Atingeţi cercul mare verde şi pătratul mic alb
21. Atingeţi cercul mic negru şi pătratul mare albastru
22. Atingeţi pătratul mare verde şi pătratul mare roşu
23. Atingeţi pătratul mare verde şi cercul mic şi verde

Partea a 6-a:

24. Aşezaţi cercul roşu peste pătratul verde
25. Atingeţi cercul negru cu pătratul roşu
26. Atingeţi cercul negru şi pătratul roşu
27. Atingeţi cercul negru sau pătratul roşu
28. Mişcaţi pătratul verde de pe pătratul roşu

29. Dacă există un cerc galben, atingeţi pătratul roşu
30. Aşezaţi pătratul verde aproape de cercul roşu
31. Atingeţi pătratele încet şi cercurile repede
32. Aşezaţi cercul roşu între pătratul albastru şi pătratul verde
33. Atingeţi toate cercurile în afară de cel verde
34. Atingeţi cercul roşu ... NU ... pătratul alb
35. În loc de pătratul alb să atingeţi cercul albastru
36. Atingeţi cercul albastru, după aceea atingeţi cercul negru.

Se observă cu uşurinţă cum se complică treptat solicitările adresate afazicului.

Se acordă câte 1 punct pentru fiecare execuţie corectă de la prima încercare.

Se acordă 0,5 puncte pentru fiecare execuţie făcută la a 2-a încercare.

Comanda se repetă în cazul unei erori sau dacă pacientul nu răspunde în 5 sec. Scorul final se corectează:

- în funcţie de vârstă: peste 60 de ani se adaugă un punct;
  peste 75 de ani se adaugă 2 puncte;
- în funcţie de şcolaritate (ani de şcoală):
  între 3-6 ani se acordă 1 punct;
  între 10-12 ani se scade 1 punct;
  între 13-16 ani se scad 2 puncte;
  peste 17 ani se scad 3 puncte.

11.4.9. *Evaluarea cardiorespiratorie*

Importanţa testării capacităţii funcţionale cardio-respiratorie în kinetoterapie nu are desigur nevoie de argumentare. Nici un kinetoterapeut nu va porni un program de recuperare oricât ar părea de nesolicitant mai înainte de a avea câteva date asupra funcţiei cardiorespiratorii. Cu atât mai mult dacă este vorba de pacienţi mai vârstnici sau se va începe un program mai solicitant cu antrenament la efort aerobic.

Există desigur în primul rând realizarea programelor de recuperare a pacienţilor cardiaci şi/sau bronhopulmonari. Evaluarea în aceste cazuri capătă o importanţă primordială.

Aşa după cum se ştie atât aparatul cardiovascular cât şi cel respirator beneficiază de o serie de teste funcţionale de mare performanţă ce utilizează o aparatură costisitoare manevrată de specialişti.

Pentru testatorul kinetoterapeut, manipularea acestor aparate pentru executarea testelor cardiorespiratorii nu îi este la îndemână. Poate beneficia cel mult de rezultatele eliberate de laboratoarele de explorări funcţionale.

Totuşi kinetoterapeutul poate să realizeze câteva teste simple orientative. ***Pentru aparatul cardiovascular*** controlul tensiunii arteriale şi pulsului sunt obligatorii oferind concluzii importante.

Valorile normale stabilite de OMS pentru TA sunt < 140 mmHg pentru maximă şi < 9 mmHg pentru minimă.

Pentru puls, ritmul de 60-75/min este normal. Kinetoterapeutul se va antrena de a percepe un puls normal regulat sau un puls neregulat (care va fi precizat de medic).

Testarea importantă cardiovasculară este cea pentru toleranţa la efort despre care se va discuta ceva mai departe în acest capitol şi în capitolul despre antrenamentul aerobic.

Pentru evaluarea circulaţiei arteriale în membrele inferioare se utilizează testul „mersului dozat". Testatorul solicită subiectului să meargă într-un anumit ritm (nr. paşi/minut).

„Timpul de claudicaţie" sau „indicele de claudicaţie" standardizat este realizat de un mers de 120 paşi/min. cu notarea momentului de apariţie a durerilor în membrul inferior.

Pe baza acestui indice clasificăm pacienţii ca:

– gravi (durerea apare sub 50 m sau după 20-30 sec);
– medii (durerea apare după 50-110 metri sau între 30-60 sec);
– uşori (dureri după 110 metri sau după 60 sec).

Pentru aparatul respirator evaluarea funcţională cuantificată se face în laboratorul de explorări funcţionale, dar funcţia respiratorie prin elementul dispnee poate fi apreciată cu destulă acurateţe şi clinic.

În primul rând pe baza gradelor de dispnee (vezi evaluarea efortului fizic). Există apoi o serie de teste simple care se bazează pe observaţia testatorului.

– Testul conversaţiei şi/sau cititului. Subiectul este pus să citească cu voce tare un text (în ritm crescând), urmărindu-se apariţia dispneei (uneori chiar cianoza).

– Testul televizorului (de obicei test observat în mediul familial). Subiectul absorbit de programul TV îşi linişteşte sau nu respiraţia (important pentru diferenţierea unei componente psihice în manifestarea dispneei).

– Testul apneei. Se solicită un inspir maxim urmat de apnee. Se cronometrează. În general, apneea la sănătoşi poate dura între 50 şi 70 sec. La antrenaţi (scafandri) poate depăşi 2-3 minute.

În general, apneea este oprită *(„breaking point")* când $PaCO_2$ a ajuns la 50 mmHg, iar PaO_2 a scăzut la 70 mmHg.

Scurtarea timpului de apnee arată cât de perturbată este funcţia pulmonară.

– Testul lumânării: o lumânare aprinsă fixată pe un cursor care se mişcă pe o tijă gradată în cm. Subiectul va sufla în aşa fel încât să menţină cât mai mult flacăra aplecată, fără să se stingă sau să revină la verticalitate. Distanţa de la gură la lumânare, citită pe tijă, este un mod de apreciere cuantificată.

– Testul chibritului (Snider): se încearcă stingerea chibritului la cca 15 cm de gură. Dacă nu se reuşeşte, deficitul de expir ar corespunde la un volum expirator maxim pe secundă (VEMS) de cca 1000 cm^3.

– Testul bulelor de aer: se suflă printr-un tub într-o sticlă plină pe jumătate cu apă. Se urmăreşte ca bulele de aer să fie emise continuu, fără întreruperi. Se apreciază şi durata expirului. Cu cât înălţimea nivelului apei în sticlă va fi mai mare, cu atât forţa de expir este mai bună.

Ca şi pentru aparatul cardiovascular, testele de efort sunt obligatorii şi pentru pacientul bronhopulmonar.

Să amintim şi despre posibilitatea utilizării în sala de kineto a unui spirometru sau spirograf cu care să se poată testa capacitatea vitală (CV), ventilaţia maximă (Vmx) şi volumul expirator maxim pe secundă (VEMS) sau cum este denumit azi volumul expirator forţat la 1 sec (FEV1sec).

Aceşti parametri ar fi de mare importanţă pentru aprecierea stării funcţionale a pacienţilor bronhopulmonari, dar şi pentru urmărirea în timp a evoluţiei şi a rezultatelor programului de recuperare.

11.5. *EVALUAREA GLOBALĂ*

Evaluările analitice aveau în vedere testarea unei deficienţe, a unei invalidităţi care afecta organul sau sistemul respectiv. Astfel testarea amplitudinii de mişcare a unei articulaţii aprecia starea respectivei articulaţii. Testarea forţei unui grup muscular aprecia valoarea acestei forţe etc. Acelaşi lucru pentru coordonarea unei mişcări, sensibilitatea unui teritoriu inervat de un nerv sau devierea coloanei de la alinierea normală etc.

În toate aceste cazuri nu s-a menţionat nici un moment impactul acestor abateri de la anatomia, fiziologia sau psihologia normală asupra activităţilor individului.

Evaluarea globală îşi propune să aprecieze tocmai acest impact asupra individului, adică să aprecieze incapacitatea *(disability)* lui de a activa ca un individ normal.

La sfârşitul acestui capitol despre „Evaluare" se va consacra un subcapitol pentru discutarea aspectelor determinate de noţiunile de: infirmitate-incapacitate-handicap.

Aşadar, evaluarea globală trebuie să înregistreze deficitele activităţii umane la nivel de individ, de la cele mai banale până la cele mai complexe.

Testările globale, complexe, utilizează sistemul „scalelor" (sau „scărilor") în care sunt înlistate o serie de activităţi care vor primi coeficienţi în funcţie de capacitatea individului de a le performa. În final, se ajunge la un scor total care ne orientează rapid asupra severităţii stării de incapacitate.

Sistemul „scalelor", introdus în 1957 de Rankin, s-a dezvoltat rapid existând azi zeci, sute de astfel de scale, dar bineînţeles câteva şi-au câştigat o recunoaştere mai largă.

Scala se bazează pe realizarea unor scoruri sau grade care reies din notarea fiecărei întrebări sau element al scalei.

Scorurile reprezintă totalurile cifrelor notate pentru fiecare element din scală. Aceste totaluri în funcţie de mărimea lor categorisesc pacienţii din punct de vedere funcţional între normali sau independenţi şi complet dependenţi. Aceleaşi categorii se realizează şi de scalele care nu dau scoruri, ci grade calitative. În funcţie de scală există 3-4-5-6-7 grade disfuncţionale.

Iată, spre exemplu, gradarea făcută de scala FID (Functional Independence Measure) cea mai utilizată scală în prezent (tabloul 11.I).

TABLOUL 11.I

7 - individ complet independent
6 - individ cu independenţă modificată (are nevoie de aparate, baston, ochelari etc.) Ambele nu au nevoie de ajutor
5 - individ cu dependenţă modificată prin supraveghere
4 - individ cu dependenţă modificată prin asistare minimală (25%)
3 - individ cu dependenţă modificată prin asistare moderată (50%)
2 - individ cu dependenţă completă prin asistare maximală (75%)
1 - individ cu dependenţă completă prin asistare totală (100%)

Indivizii cu gradele 5-1 se înţelege că au nevoie de ajutor.

Scala FID are 18 elemente de apreciere (categorii şi funcţiuni) din care 13 comportă mişcare, iar 5 sunt elemente cognitive. Cele 18 elemente sunt împărţite în 6 grupe.

În tabloul 11.II. reproducem scala FID.

TABLOUL 11.II

SCALA FID

Elementele de analiză	*Iniţial*	*Final*	*În timp*
1. *Autoajutorare*			
A. Mâncatul			
B. Îngrijitul			
C. Spălatul			
D. Îmbrăcatul corpului superior			
E. Îmbrăcatul corpului inferior			
F. Utilizarea W.C.			
2. *Controlul sfincterelor*			
G. Urinar			
H. Intestinal			
3. *Transferuri*			
I. Pat, scaun, scaun cu rotile			
J. W.C.			
K. Baie, duş			
4. *Locomoţie*			
L. Mers/scaun cu rotile			
M. Scări			
Scorul final motor			
5. *Comunicare*			
N. Înţelegere			
O. Exprimare			
6. *Cogniţie socială*			
P. Interacţiune socială			
Q. Rezolvări de probleme			
R. Memorie			
Scorul cognitiv			
Scorul total FID			

În dreptul scorului la fiecare element se trece cifra scorului adecvată din tabloul 11.I. Este evident că scorurile cu cât sunt mai mari cu atât individul este mai sănătos fără fenomene disfuncţionale.

TABLOUL 11.III

SCALA UNIVERSITĂŢII ILLINOIS DIN CHICAGO

a) Mobilitatea în pat
- Manipulează semnalul luminos;
- Ţine o carte şi întoarce pagina;
- Manevrează obiectele de pe noptieră;
- Stă în şezut;
- Se întoarce.

b) Alimentare:
- Mănâncă servindu-se de degete;
- Mănâncă servindu-se de furculiţă;
- Mănâncă servindu-se de lingură;
- Taie cu cuţitul
- Bea din pahar (cană).

c) Igienă:
- Se spală pe mâini;
- Se spală pe faţă;
- Se spală pe dinţi;
- Se piaptănă;
- Manipulează îmbrăcămintea la W.C.;
- Îşi spală părul;
- Intră şi iese din cada de baie;
- Face baie şi (sau) duş;
- Se bărbiereşte.

d) Îmbrăcare:
- Îmbracă-dezbracă haina;
- Îmbracă-dezbracă lenjeria de corp;
- Încheie-descheie un nasture;
- Încalţă şi descalţă pantofii;
- Face nodul la şireturi.

e) Utilităţi
- Răsuceşte butonul întrerupătorului de lumină;
- Deschide-închide robinetele;
- Încuie-descuie o uşă cu o mână;
- Închide-deschide sertare;
- Închide-deschide uşa, fereastra;
- Utilizează foarfecele.

f) Comunicare:
- Scrie numele;
- Manevrează bani;
- Formează numărul de telefon.

g) Locomoţie:
- Intră în şi iese din pat;
- Se duce la baie;
- Se aşează şi se ridică de pe scaun;
- Merge cu scaunul cu rotile 30' (etc.);
- Urcă o pantă cu scaunul cu rotile;
- Merge 30' (etc.);
- Merge îndărăt 10';
- Merge în lateral;
- Merge cărând obiecte;
- Urcă trepte cu sprijin de bară;
- Urcă trepte fără sprijin de bară;
- Urcă în autobuz;
- Culege obiecte de pe duşumea;
- Se aşcază şi se ridică de pe duşumea;
- Traversează străzi la semafor.

Se poate mări „sensibilitatea" unei scale mărindu-i numărul categoriilor şi funcţiunilor (elementele) înregistrate. Şi „valabilitatea" scalei se îmbunătăţeşte prin introducerea de elemente care evidenţiază mai bine deficitul.

Este însă adevărat că, cu cât se lungeşte lista elementelor unei scale, cu atât ea devine mai dificilă de completat şi lucrat cu ea.

Pentru comparaţie cu cele 18 elemente ale scalei FID consemnăm în tabloul 11.III. o formă „prescurtată" a scalei Universităţii Illinois din Chicago.

În forma completă, tabelul are 77 de poziţii. Pentru fiecare poziţie se notează posibilităţile de execuţie (normală, posibilă cu ajutor parţial sau cu aparate speciale, imposibilă etc.).

O foarte utilizată scală pentru evaluarea incapacităţii fizice atât în practica clinică cât şi în studii epidemiologice şi de sănătate publică este indexul Barthel. Acest index introdus în 1965 înregistrează 10 activităţi cu scoruri între 0 (dependenţă totală) şi 10 (independenţă totală). Are o foarte bună „valabilitate" şi „reproductibilitate", iar „sensibilitatea" (bună) poate fi mărită prin introducere de noi categorii şi funcţiuni.

Reproducem în continuare Testul Barthel original, fără modificările aduse ulterior.

1) *Mâncare*
0 = incapabil să mănânce singur;
5 = poate mânca ajutat (să i se taie carnea etc.);
10 = independent (chiar dacă are nevoie de unele amenajări).
2) *Toaleta personală*
0 = nu o poate executa;
5 = poate executa spălatul mâinilor, pieptănat, bărbierit, fardat etc.
3) *Îmbăiere*
0 = dependent total;
5 = poate utiliza baia, duşul, buretele etc., fără să fie o persoană de faţă.
4) *Defecaţia*
0 = incontinenţă;
5 = utilizează supozitoare, clisme sau uneori are pierderi accidentale;
10 = controlează bine.
5) *Micţiunea*
0 = incontinent, sub sondă;
5 = pierderi ocazionale, micţiune imperioasă, uneori necesită aparate externe de ajutor;
10 = controlează bine.
6) Transfer (scaun – pat)
0 = incapabil;
5 = poate sta în şezut, trebuie ridicat de 1-2 persoane şi transferat;
10 = are nevoie de un minim ajutor pentru transfer;
15 = independent pentru transfer.
7) Îmbrăcare – dezbrăcare
0 = dependent total;
5 = poate executa singur aproximativ jumătate din acţiuni;
10 = complet independent.

8) *Utilizarea closetului*
0 = dependent total;
5 = are nevoie de ajutor pentru anumite acţiuni;
10 = complet independent chiar dacă utilizează diverse instalaţii.
9) *Urcat – coborât scări*
0 = incapabil;
5 = necesită ajutor instrumental (baston, bare etc.) şi supraveghere;
10 = independent, chiar dacă are nevoie de ajutor instrumental.
10) *Mers pe plat*
0 = nu se poate mobiliza sau se poate cu ajutoare sub 50 m;
5 = poate merge peste 50 m cu ajutoare (cârje, cadru, orteze etc.);
10 = poate merge peste 50 m cu ajutorul unei persoane;
15 = independent, dar poate utiliza baston, cârje etc.

Testul Barthel poate avea ca scor de la 0 la 100 puncte. Cu cât scorul este mai mare, cu atât starea funcţională a pacientului este mai bună. Barthel a aplicat scala lui la pacienţii hemiplegici după accidentele vasculare cerebrale. De aceea, scala lui mai este numită *„stroke scala"*.

În sfârşit, mai amintim ca scale larg utilizate: indicele Katz, profilul Pulses, evaluarea autoîngrijirii Kenny, scala STAR *(Senior Team Assessment and Referral Program)* etc. etc.

O analiză comparativă a 43 de astfel de indici făcută de A.R. Feinstein şi colab. (1986) scoate în evidenţă diferenţele minore între aceşti indici în evaluarea capacităţii funcţionale.

După cum s-a putut observa, sistemul scalelor (indicilor) de evaluare are în vedere „calitatea vieţii", performanţa generală a pacienţilor cu infirmităţi-incapacităţi şi handicapuri.

Principalii indicatori se referă la activităţile vieţii zilnice umane care creează independenţa prin autoajutorare sau dependenţa prin incapacitate mai mică sau mai mare de a se autoservi.

În limbajul zilnic clinic de recuperare, aceşti indici se exprimă ca ADL *(Activities of Daily Living)* „activităţile vieţii zilnice".

11.5.1. *Evaluarea ADL-urilor*

ADL-urile, activităţile umane zilnice, sunt acele acţiuni obişnuite ale fiecăruia dintre noi pe care le facem pentru propria îngrijire şi viaţă. ADL-urile nu au scopuri de performanţă în nici un domeniu. ADL-urile se desfăşoară în mediul ambiental al individului şi sunt strâns legate de personalitatea lui, starea lui fizică şi mintală, munca, hobiurile, dorinţele de agrement etc. Posibilitatea sau nu de a realiza aceste ADL-uri împarte indivizii în „independenţi" şi „dependenţi". Incapacitatea de a realiza aceste ADL-uri poate să fie temporară, nedeterminată de mari invalidităţi. Astfel o lombalgie acută intensă îl face pe pacient incapabil de a executa multe din activităţile uzuale zilnice.

ADL-urile în evaluare au fost introduse de terapia ocupaţională (vezi şi capitolul respectiv), dar în ultima perioadă au fost preluate şi de kinetoterapeuţi.

ADL-urile fac parte din testarea complexă a capacităţilor unui individ alături de evaluările activităţilor de muncă şi profesionale ca şi a activităţilor posibile de agrement.

ADL-urile sunt importante şi obligator de evaluat căci:

– ne precizează nivelul funcţional al unui individ ca o linie de bază de la care se pot urmări şi măsura progresele sau regresele;

– contribuie la precizarea atât a diagnosticului cât şi a prognosticului exprimând nivelul de incapacitate;

– permite alcătuirea completă a unui program recuperator;

– permite încadrarea în ghiduri de invalidităţi şi incapacităţi în baza cărora se fac încadrările în conformitate cu legislaţia;

– permit terapistului de a distinge între „optimumul" pacientului (nivelul la care totul este foarte favorabil) şi „potenţialul maxim" (nivelul cel mai înalt care se poate sau s-ar putea atinge prin recuperare);

– permit o apreciere corectă a dificultăţilor reale pentru viaţa pacientului diferenţiind între diverse ADL-uri.

Spre exemplu este mai important să-şi poată aprinde aragazul decât să bată ouăle pentru omletă.

Evaluarea ADL trebuie precedată de o evaluare rapidă analitică: amplitudine de mişcare, forţă, coordonare, echilibru.

Testarea propriu-zisă a ADL-urilor durează un timp mai îndelungat, uneori chiar 2-3 zile. În general, se face pe etape, urmărindu-se în ordine:

– testarea abilităţilor personale;
– testarea abilităţilor pentru timp liber (agrement);
– testarea posibilităţilor de comunicare;
– testarea pentru activităţi lucrative personale;
– testarea posibilităţilor de transport;
– testarea activităţilor în favoarea altora (îngrijire casă, copii etc.);
– testarea abilităţilor educaţionale, a capacităţii de gândire, corectitudinea de percepere etc.

Ca metode de evaluare se folosesc:

a) Întrebările puse familiei, anturajului;

b) Observaţia proprie a testatorului a activităţilor pacientului. Este metoda cea mai bună dar greu sau imposibil de realizat pentru o serie de activităţi.

Se vede deci că testarea este mai mult informală.

Rezultatele sunt scalate, dându-se un punctaj pentru fiecare activitate. Iată o apreciere pe grade de independenţă şi de dependenţă:

A. *grade de independenţă:*
4. performanţă normală
3. performanţă adecvată dar dependentă de aparate, instalaţii - amenajări speciale
2. necesită supraveghere pentru îndeplinirea activităţilor

B. *grade de dependenţă*
1. necesită asistare
0. activitate imposibilă

De asemenea, mult utilizată este şi următoarea scală de apreciere:

1. Independent.
2. Supravegheat (poate performa singur activităţile, dar necesită o persoană de protecţie).
3. Asistenţa minimă (necesită supraveghere şi o asistenţă de cca 20%).
4. Asistenţa moderată (idem, dar necesită asistare 20-50%).
5. Asistenţa maximală (idem, cu asistenţă de 50-80%).
6. Dependent (poate performa câteva activităţi dar oboseşte uşor, activează încet, are nevoie de echipamente şi amenajări, dar în marea majoritate a activităţilor are nevoie de peste 80% asistare).

Activităţile vieţii zilnice au fost împărţite în ultimul timp în 2 categorii:

I. ADL-urile propriu-zise care sunt activităţile de bază personale (autoîngrijire, mobilitate, comunicare etc.).

II. ADL-uri instrumentate (I-ADL) care reprezintă activităţi mai elaborate care utilizează aparatură, se referă la îngrijirea sănătăţii, la activităţi comunitare sau sociale etc.

Asupra listei ADL-urilor nu mai revenim deoarece scala Universităţii Illinois din Chicago (vezi mai înainte) este suficientă pentru a crea imaginea reală a ceea ce reprezintă aceste ADL-uri. Evident ea poate fi completată de orice testator cu multe alte activităţi neconsemnate în această scală.

Vom înlista însă în continuare I-ADL-urile *(„Instrumental Activities of Daily Living")* fiind un aspect mai puţin consemnat ca atare în literatura de specialitate.

I-ADL-urile sunt grupate pe direcţii de activităţi.

1. *Gospodărie*
– cumpărăturile necesare
– planificarea alimentării în familie
– pregătirea mâncării
– curăţatul casei
– spălatul rufelor
– îngrijirea copiilor
– reciclarea lucrurilor
– etc.

2. *Manipularea aparatelor gospodăreşti*
– aspirator
– cuptor, sobe
– frigider, microunde
– deschizător conserve
– mixer
– etc.

3. *Îngrijirea sănătăţii*
– manevrarea medicamentelor
– cunoaşterea factorilor de risc
– înscriere la consultaţii medicale
– etc.

4. *Activităţi de protecţie*
- cunoştinţe de protecţie contra focului
- posibilitate de a telefona la serviciile de urgenţă
- identificarea situaţiilor periculoase
- etc.

5. *Activităţi ale vieţii comunitare*
- utilizează transportul în comun
- conduce maşina
- manipulează bani şi instrumente financiare
- acces la activităţi recreative
- etc.

Evaluarea ADL-urilor nu este completă dacă se limitează doar la aprecierea capacităţii de acţiune a pacienţilor. Este obligatorie şi o evaluare a mediului în care trăiesc aceştia deoarece mediul ambiental poate fi un obstacol suplimentar sau, din contră, un ajutor important în executarea activităţilor zilnice.

Câteva exemple. Existenţa unei bare de mână la scară poate fi decisivă pentru urcatul şi coborâtul scării de către pacient. Instalaţia de baie cu manete şi nu cu robinete poate permite unor pacienţi să fie independenţi în acţiunea de îmbăiere. Automobilul cu conducere specială pentru invalizi permite să-l utilizeze şi un paraplegic etc.

Evaluarea „mediului" nu se referă doar la mediul material, ci şi la investigarea persoanelor din anturajul pacientului care vor putea asista sau nu pacientul. De asemenea, trebuie apreciate şi resursele financiare ale acestuia.

11.5.2. *Evaluări globale direcţionate de diagnostic*

Bolile cronice disfuncţionale caracterizate prin multiple deficienţe dar şi prin evoluţie mai lentă sau mai rapidă spre agravare necesită evaluări complexe, secvenţiale, pentru a putea să li se organizeze programe de recuperare. Astfel au apărut serii de scale-test pentru diverse boli (poliartrită reumatoidă, poliomielită, scleroză multiplă, IMC, coxoză, gonartroză etc.); aceste scale se bazează pe înregistrarea stării clinice pe bază de puncte totalizate apoi sub formă de scoruri care se compară în evoluţie sau între pacienţii cu acecaşi afecţiune.

Obsesia scalelor de evaluare nu se limitează doar la pacienţi, ci şi la persoane sănătoase dar pe pante de evoluţie descendente (persoanele vârstnice) sau ascendente (copii-tineri). Unele din aceste scale reprezintă chiar teste-standard cu scoruri rezultate din studiul a mii de cazuri pe grupe populaţionale şi la care putem raporta şi rezultatele aprecierilor găsite la subiecţii noştri testaţi.

Pentru a exemplifica, iată mai jos o scală punctuală asupra capacităţii funcţionale de motricitate a persoanelor de vârsta a 3-a.

1. *Trecere decubit → aşezat*	
Independent	2
Cu ajutorul unei persoane	1
Cu ajutorul a 2 persoane	0

2. *Trecere aşezat → decubit*	
Independent	2
Cu ajutorul unei persoane	1
Cu ajutorul a 2 persoane	0
3. *Trecere aşezat → ortostatism*	
Independent sub 3 sec.	3
Independent peste 3 sec.	2
Cu ajutor (verbal sau fizic) al unei persoane	1
Cu ajutorul a 2 persoane	0
4. *În ortostatism*	
Stă fără ajutor* şi este capabil să atingă un obiect	3
Stă fără ajutor* dar necesită sprijin când atinge ceva	2
Stă dar necesită ajutor*	1
Stă doar cu ajutorul fizic al unei persoane	0
5. *Mers*	
Independent (incluzând folosirea bastonului)	3
Independent cu folosirea cadrului de mers	2
Merge cu obiecte ajutătoare dar se întoarce nesigur (mobilitate controlată slabă) fiind necesară o anumită supraveghere	1
Necesită ajutor fizic sau o supraveghere permanentă	0
6. *Mers cronometrat (6 m)*	
În mai puţin de 15 sec	3
16-30 sec	2
Peste 30 sec	1
Incapabil să meargă 6 m independent	0
7. „Întindere funcţională" **	
Peste 16 cm	4
8-16 cm	2
Sub 8 cm sau incapabil	0

Scorul maxim de normalitate este de 20 puncte.

Bateria de teste de mai sus are avantajul că nu este obositoare, se poate termina într-o şedinţă, este uşor de înţeles de vârstnici.

Să mai exemplificăm cu câteva părţi din bateria cu foarte multe întrebări a scalei pentru poliartrită reumatoidă *(Arthritis Impact Measurement Scale: AIMS)*. Scara reprezintă întrebări care se referă la cele întâmplate pacientului în ultima lună fiind împărţită în compartimente, fiecare din acestea referindu-se la un anumit segment. Există 5 răspunsuri posibile pentru fiecare întrebare:

- tot timpul
- frecvent
- uneori

---

* Ajutor = folosirea membrului superior pentru sprijin.

** Capacitatea subiectului din stând de a atinge obiecte situate în jurul lui la distanţă de...

- aproape niciodată
- niciodată

Iată, spre exemplu, compartimentul întrebărilor pentru mână şi degete.

1. Aţi putut scrie uşor cu un stilou sau un creion?
2. V-aţi putut închide cu uşurinţă nasturii hainelor?
3. Aţi putut cu uşurinţă răsuci cheia în broască?
4. Aţi putut cu uşurinţă să vă legaţi şireturile?
5. Aţi putut să deschideţi cu uşurinţă un borcan neînceput de murături?

În continuare compartimentul pentru funcţia braţelor:

6. V-aţi putut cu uşurinţă şterge la gură cu un şervetel?
7. V-aţi putut îmbrăca cu uşurinţă un tricou?
8. V-aţi putut uşor pieptăna sau peria părul?
9. V-aţi putut cu uşurinţă scărpina pe spate?
10. Aţi putut cu uşurinţă ajunge la obiecte situate deasupra capului dumneavoastră?

Să se observe că întrebările se referă la „uşurinţa" de a face o gestică, motiv pentru care răspunsul „niciodată" arată cea mai severă situaţie.

O scală foarte complexă denumită *„Gradul de independenţă funcţională"* (GIF) care se aplică la pacienţii cu leziuni neurologice centrale (mai ales medulari) analizează 18 funcţii (activităţi) împărţite pe 6 clase. Capacitatea de execuţie a fiecărei funcţii este cuantificată pe baza a 7 grade valorice.

Cele 6 clase cu cele 18 activităţi sunt:

I. Autoîngrijire
   1. alimentaţie
   2. îngrijirea corpului
   3. îmbăiere
   4. îmbrăcat 1/2 superioară
   5. îmbrăcat 1/2 inferioară
   6. igiena intimă

II. Continenţă
   7. control sfincterian vezical
   8. control sfincterian anal

III. Transferuri
   9. de pe pat în cărucior şi invers
   10. din cărucior pe closet şi invers
   11. în baie şi din baie pe scaun

IV. Ambulaţia
   12. mers cu scaun rulant
   13. urcat şi coborât scări

V. Comunicare
   14. înţelege ce se transmite
   15. se poate exprima

VI. Activităţi socio-cognitive
   16. interacţionează social
   17. poate rezolva probleme
   18. aspectele cognitive.

Fiecare din cele 18 activităţi sunt de fapt defalcate şi analizate în detaliile lor. Spre exemplu, la ambulaţia cu scaun cu rotile se consemnează: distanţa de mers, panta urcată-coborâtă, cum face întoarcerile etc. Sau la continenţa vezicală se va codifica: ritmul pierderilor, echipamentele folosite (ploscă, sondă, pampers) etc. Sau la activităţile social-cognitive se face şi un adevărat tablou al comportamentului, caracterului şi manifestărilor pacientului (suportă critica, temperament agresiv, acomodabil, perseverent, recunoaşte greşelile, se autocorectează, incapabil de decizii etc.).

Scorurile acordate pentru fiecare funcţie testată se apreciază pe o scară de 7 grade.

Grad 1 = execută mai puţin de 25% din activitatea respectivă, fiind complet dependent de o altă persoană (sau mai ales 2 persoane). Limite mari fizice şi cognitive.

Grad 2 = execută între 25-49%, este dependent de o persoană.

Grad 3 = execută 50-74%, dependent moderat de o persoană.

Grad 4 = execută peste 75% având doar nevoie de un contact minimal şi ocazional de o persoană.

Grad 5 = necesită doar supraveghere, îndemn verbal, pregătire a ambientalului pentru execuţia activităţii. Are o „dependenţă modificată".

Grad 6 = are nevoie de unele dispozitive şi echipamente speciale (orteze, proteze). Are o „independenţă modificată".

Grad 7 = independent

Aşadar, scorul maxim favorabil pentru toate cele 18 funcţii poate fi 18 × 7=126. De la această valoare în jos începe patologicul.

11.5.3. *Evaluarea toleranţei la efort*

Deşi deseori această evaluare este consemnată în cadrul evaluărilor analitice, considerăm că locul ei este în cadrul evaluărilor globale, poate mai justificat decât multe alte tipuri de evaluare.

Aprecierea capacităţii de efort testează multiple funcţiuni ale organismului: cardiovasculară, respiratorie, metabolică, forţă şi rezistenţă musculară, amplitudine articulară, stările psiho-voliţionale.

În capitolul „Exerciţiul aerobic şi antrenamentul la efort" există un subcapitol despre „testarea exerciţiilor aerobice" care de fapt se suprapune perfect peste evaluarea toleranţei la efort din acest subcapitol. De aceea aici vom consemna doar câteva aspecte generale ale capacităţii de efort.

Testarea toleranţei la efort este o evaluare care s-a răspândit atât în mediul medical cât şi în cel sportiv, şcolar, geriatric, militar etc. Pe de altă parte, în medicină acest test este test de bază atât în asistenţa profilactică cât şi în cea terapeutică şi de recuperare.

Evaluarea toleranţei la efort se utilizează pentru:

a) Studiul fiziologiei cord-plămânului, al metabolismului energetic, al funcţiei muşchiului, al circulaţiei periferice;

b) Studiul fiziopatologiei sistemelor şi organelor de mai sus;
c) Diagnostic clinic în boli cardiovasculare, pulmonare, musculare etc.;
d) În antrenamentul la efort al persoanelor sănătoase, sportivilor, pacienţilor;
e) În aprecierea capacităţii de muncă pentru aspectele vocaţionale.

Răspunsul organismului la efort este dependent de mai mulţi factori. Principalii sunt:
– vârstă
– sex
– starea sistemului cardiocirculator, respirator, metabolic
– starea de nutriţie
– gradul de antrenament
– mediul ambiental
– starea psihică
– şi alţii.

Efortul determină un răspuns prompt din partea organismului („reacţia la efort"), iar pe termen lung se instalează o „adaptare a organismului la efort" (vezi şi la capitolul despre exerciţiul aerobic).

Testarea toleranţei la efort poate fi informală dar mai ales este o testare formală standardizată. Aprecierea efortului informală se realizează clinic prin anamneza bolnavului şi încadrarea lui în cele 5 grade de efort, de apariţie a dispneei.

1. Dispneea apare la urcat scări (20 trepte), urcat pante.
2. Dispneea apare la mersul pe plat dar în ritmul de mers impus de o persoană sănătoasă ce însoţeşte pacientul.
3. Dispneea apare la mersul pe plat în ritm propriu (la 100-300 m).
4. Dispneea apare la cele mai mici activităţi în casă sau de autoîngrijire.
5. Dispneea apare chiar în repaus.

Cele 5 grade de dispnee care traduc toleranţa la efort sunt mai ales caracteristice afecţiunilor bronhopulmonare, dar pot fi utilizate orientativ în orice situaţie care reduce capacitatea de efort.

Testele standardizate, formale, sunt de 2 tipuri ca metodologie:

A) teste (probe) de scurtă durată (sub 10 min) care apreciază **reacţia** organismului la efort;

B) teste de lungă durată (minim 20 min) care apreciază **adaptarea** organismului la efort.

Există o multitudine de parametri biologici măsurabili care să ne informeze asupra toleranţei subiectului la efort.

- Parametri respiratori: frecvenţa respiraţiei, ventilaţia, consumul de O_2, eliminarea de CO_2, datoria de O_2.
- Parametri cardiaci: pulsul, tensiunea arterială, debitul cardiac, EKG-ul.
- Parametrii sanguini: saturaţia în O_2, presiunea parţială a O_2 şi CO_2 arterială, pH, acid lactic.

Din aceşti parametri primari derivă o serie de indicatori, rapoarte ale diverşilor parametri cum ar fi:
– $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ = coeficientul respirator (≤ 1)
– Indicele $\dot{V}O_2$/puls (repaus bărbaţi = 4,92; femei 3,7; efort 100 W bărbaţi 12,2; femei 9,2)
– Indicele $\dot{V}/\dot{V}O_2$ (≤ 30)
– Puls × TA sistolic (mm) = „dublul produs"
– Etc.

Efortul este realizat în variate moduri: mers în ritm de metronom, urcat-coborât scăriţa, bicicletă ergometrică, alergat, covor rulant, bac vâslit, genuflexiuni etc.

A. ***Probele de scurtă durată***

Urmăresc reacţia organismului la efort neintrând în faza de echilibru. Se măsoară datoria de O_2 şi consumul maxim de O_2.

1. Datoria de O_2 reprezintă deficitul de O_2 consumat în efort şi care trebuie „plătit" organismului după încetarea efortului. Datoria de O_2 poate fi mai mare sau mai mică în funcţie de intensitatea efortului, dar şi de capacitatea funcţională cardiorespiratorie şi gradul de antrenament. Tipul efortului poate fi în regim stabil sau regim instabil (fig. 11.5).

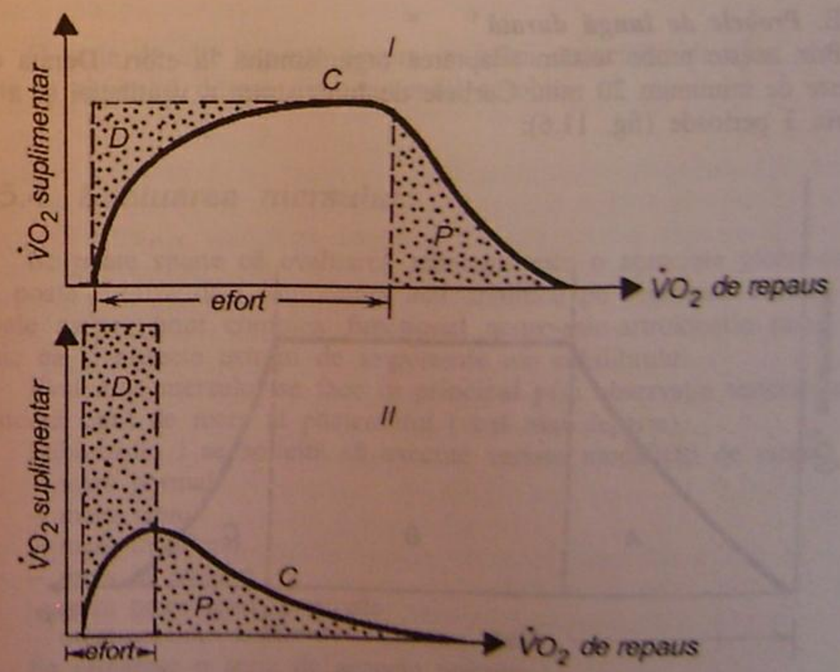


Fig. 11.5. – Efort de scurtă durată:
C = Curba $\dot{V}O_2$ în efort în regim stabil (I) şi nestabil (II).
D = Datoria de O_2.
P = Plata datoriei de O_2.

Timpul de revenire, adică terminarea plăţii datoriei de oxigen cu revenirea $\dot{V}O_2$ la valorile de bază se consideră un foarte bun indice de apreciere a răspunsului organismului la efort. Există şi alţi indici cum ar fi procentul datoriei de O_2 din $\dot{V}O_2$ total din efort etc.

Datoria de O_2 se corelează foarte bine cu debitul cardiac de efort.

2. Consumul maxim de O_2 ($\dot{V}O_{2mx}$) este cantitatea cea mai mare de O_2 pe care un individ o poate consuma pe unitatea de timp. Denumită „vita maxima", $\dot{V}O_{2mx}$ se poate ridica la normali la 50 ml O_2/kg corp într-un efort exhaustiv.

Efortul este limitat la un moment dat de depăşirea posibilităţilor ventilatorii ca şi de debitul circulator capilar muscular (Astrand). În practică nu se poate ajunge la „vita maxima" ($\dot{V}O_{2mx}$), ci la „$\dot{V}O_{2mx}$ limitat de apariţia semnelor clinice de alarmă" prin testarea pe paliere (vezi antrenamentul aerobic).

Semnele clinice de alarmă sunt: dispnee, respiraţie zgomotoasă, puls peste 120/min, aritmii, dureri toracice, facies vultuos sau paloare, transpiraţii etc.

3. Frecvenţa cardiacă şi cea respiratorie pot fi de asemenea indicatori de orientare pentru reacţia organismului la efort. La cca 170/min puls şi 30/min respiraţii efortul nu mai poate fi continuat. În acest moment s-a atins „capacitatea de travaliu".

B. ***Probele de lungă durată***

Prin aceste probe testăm adaptarea organismului la efort. Durata efortului este de minimum 20 min. Curbele de înregistrare a ventilaţiei şi a $\dot{V}O_2$ trec prin 3 perioade (fig. 11.6):

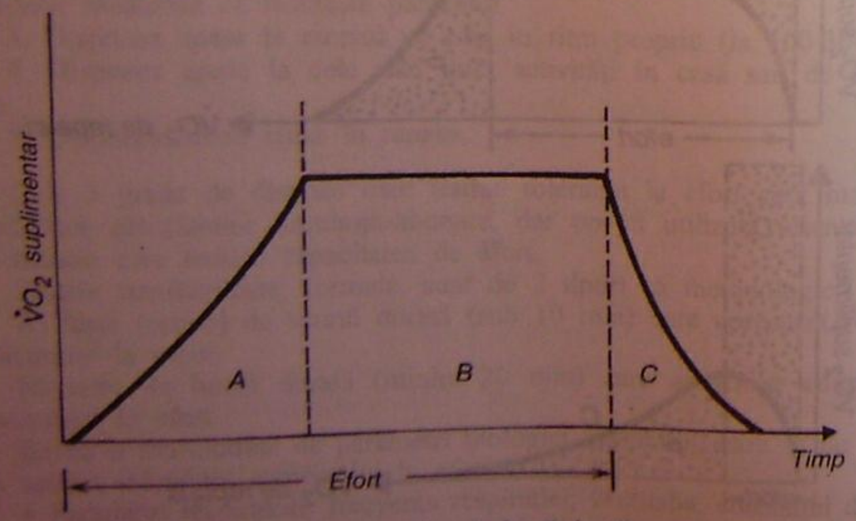


Fig. 11.6. – Efort de lungă durată.
A = Perioada de adaptare;
B = Perioada de echilibru;
C = Perioada de revenire.

a) Perioada de adaptare în care valorile $\dot{V}$ şi $\dot{V}O_2$ cresc continuu.

b) Perioada de echilibru *(steady-state)* când valorile $\dot{V}$ şi $\dot{V}O_2$ rămân în platou până la terminarea efortului.

c) Perioada de revenire (recuperare) când se plătesc datoriile de $\dot{V}$ şi $\dot{V}O_2$.

Mărimea platoului este în funcţie de intensitatea efortului.

Pentru a se atinge valorile maxime posibile, se testează zilnic în palier cu creşteri zilnice ale intensităţii efortului. Se ajunge astfel la „puterea maximă suportată" (PMS) (care reprezintă aproximativ 80% din „vita maxima"). PMS variază între 120W şi 170W în funcţie de vârstă, sex, starea de antrenament. PMS ar corespunde cel mai bine cu travaliul aerobic maxim fiind cel mai bun mijloc de apreciere a capacităţii de efort.

Pentru obiectivizarea şi cuantificarea adaptării organismului la efort se utilizează indicii consemnaţi mai sus.

Probele de efort care urcă în palier până se atinge toleranţa maximă la efort (în fond scopul final al oricărei probe de efort) nu sunt simplu de executat nici pentru pacient nici pentru testator. Necunoscând de la început modul de răspuns al subiectului trebuie lucrat cu prudenţă, în trepte succesive de efort, cu pauze pentru odihnă, ceea ce uneori necesită câteva zile pentru testare.

*
* *

O serie de alte aspecte asupra evaluării capacităţii de efort vor fi discutate în capitolul despre antrenamentul aerobic.

11.5.4. *Evaluarea mersului*

Se poate spune că evaluarea mersului este o apreciere global-analitică căci poate furniza date importante atât analitice pe segmente limitate cât şi globale asupra unui complex funcţional neuro-mio-artrokinetic static şi dinamic ca şi aspecte extrem de importante ale echilibrului.

Evaluarea mersului se face în principal prin observaţia testatorului care consideră tipul de mers al pacientului (vezi mai departe).

Subiectului i se solicită să execute variate modalităţi de mers:

- mers normal
- mers rapid
- mers în lateral
- mers în tandem
- mers peste mici obstacole
- urcat-coborât scări.

Se urmăresc o serie de aspecte precum:

- echilibru (vezi testările de la acest capitol)
- simetria
- poziţia piciorului

- comportarea lanţului kinematic al membrului inferior
- parametrii măsurabili ai mersului
- mişcările bazinului
- mişcările trunchiului
- mişcările membrelor superioare.

În tabloul 11.II sunt reproduse două scale de apreciere a mersului: „Scala Tinetti" şi „Scala evaluării mersului".

În acest subcapitol al evaluării mersului nu vom rămâne doar la simpla testare, ci se vor prezenta o serie de noţiuni despre mers pe care le considerăm deosebit de importante cu atât mai mult cu cât nu vom mai deschide un capitol asupra mersului deşi poate ar trebui datorită deosebitei importanţe pe care mersul o capătă în practica asistenţei de recuperare.

În capitolul de biomecanică există o serie de date asupra comportării kinematice şi kinetice a şoldului, genunchiului şi piciorului în timpul mersului. Este recomandabil să fie şi acestea studiate.

Importanţa evaluării mersului este triplă. Pe de o parte pentru că mersul poate reprezenta exteriorizarea unei afecţiuni punând în unele cazuri chiar diagnosticul. Prof. Gh. Marinescu a fost primul care a înţeles valoarea studierii mersului patologic la bolnavii neurologici pentru stabilirea diagnosticului. În al doilea rând, analiza mersului reprezintă înregistrarea deficienţelor articulare, musculare sau de coordonare de la nivelul membrelor inferioare asupra cărora se va concentra planul de recuperare. În al treilea rând, nu trebuie uitat că mersul este una din principalele metode kinetice în recuperarea multor deficite.

Steindler defineşte mersul ca *„bipedalism alternativ"* căci într-adevăr mersul este format dintr-o alternanţă de mişcări şi poziţii de sprijin ale câte unui membru pelvin, pe care le repetă apoi identic celălalt membru.

Se consideră *„ciclu de păşit"*, ca unitate de măsură a mersului, distanţa între punctul de contact cu solul al unui picior şi următorul punct de contact al aceluiaşi picior. *„Pasul"* este distanţa între punctul de contact al unui picior (stâng) şi punctul de contact al celuilalt picior (drept). Deci un „ciclu de păşit" are 2 paşi.

Iată care sunt parametrii mersului:

– Lungimea pasului este cca 38-40 cm (între vârful piciorului din spate şi călcâiul celui din faţă) sau 70-80 cm măsurată între linia de mijloc a piciorului;

– Lungimea unui ciclu este de cca 150-160 cm de la călcâiul primului pas la vârful celui de al doilea;

– Distanţa între picioare la nivelul solului este 8 cm ± 3,5 cm;

– Ritmul de mers 90-120 paşi/min;

– Unghiul de deviaţie în afară a piciorului faţă de linia dreaptă imaginară dintre picioare pe direcţia de mers este 6,7°-6,8°;

– Înălţimea ridicării piciorului faţă de sol în timpul păşirii. Minim 1,5 cm între degete şi sol sau privind din spate să vedem cca 2/3 din talpă.

– Un ciclu durează 1,05 ± 0,10 sec.;

– Viteza de traversare a unei străzi 1,4 m/sec;

– Consumul energetic în mers este de 0,8 cal/m/kg corp la o viteză de 60-75 m/min sau 4,3 kcal/min considerând 80 m/min mersul cel mai economic.

Mersul are trei momente funcţionale de bază:

1. Sprijin pe ambele picioare;
2. Sprijin pe un picior;
3. Balansul sau avansarea unui picior.

Cum primele 2 momente înseamnă perioadă de sprijin pe sol se consideră că ciclul de mers este format din două perioade distincte:

- sprijinul;
- balansul (oscilarea, pendularea).

Sprijinul este împărţit în următoarele faze: contactul iniţial (cu călcâiul), încărcarea, sprijinul median (cu mijlocul tălpii), terminarea sprijinului (încărcare spre antepicior), desprinderea (de sol).

Balansul este şi el împărţit în: oscilaţia iniţială, oscilaţia de mijloc şi cea terminală.

Într-o formă comprimată a acestor faze se consideră suficientă pentru evaluare existenţa a patru secvenţe:

a) Atacul cu talonul
b) Poziţia medie de sprijin
c) Desprinderea
d) Pendularea.

În mersul normal, 60% din durata unui ciclu de mers este reprezentată de sprijin şi 40% de balans.

Iată – desfăşurat – care sunt procentele de durată într-un ciclu întreg (100%) a diverselor secvenţe:

- 0% începe atacul cu călcâiul
- 15% sprijin pe tot piciorul
- 30% călcâiul părăseşte solul
- 45% sprijin pe antepicior (în momentul în care şoldul şi genunchiul se flectează pentru a accelera începutul pendulării – vezi mai departe)
- 60% desprinderea degetelor de la sol cu terminarea perioadei de sprijin şi începerea celei de balans
- fără procent mijlocul perioadei de pendulare când se produce dorsiflexia piciorului
- 100% călcâiul revine din nou pe sol.

Din cele 40 procente de sprijin dintr-un ciclu dublul sprijin (ambele picioare) durează 11-20% această durată variind foarte mult în funcţie de viteza de mers, scăzând cu creşterea vitezei şi ajungând ca în alergare să nu mai existe deloc dublu sprijin.

De altfel, aceasta este diferenţa între mers (marş) şi alergare.

Analiza kinematică a mersului arată că există 6 mişcări determinante ale mersului: rotaţia pelvisului, înclinarea pelvisului, flexia genunchiului, mişcarea piciorului şi genunchiului, deplasarea laterală a pelvisului.

Primele cinci mişcări au un important rol în controlul deplasării centrului de greutate al corpului (vezi mai departe).

Desigur că în mers se produc şi alte mişcări, ale trunchiului, capului, balansul braţelor, dar acestea nu determină kinematica mersului, ci doar o urmează.

1. ***Rotarea pelvisului*** în mers este de 4° într-o direcţie şi 4° în cealaltă direcţie, deci pelvisul rotează cu 8° în total. Rotaţia devine maximă într-o parte (pe partea de pendulare) în momentul dublului sprijin adică în momentul în care centrul de greutate este cel mai coborât pe curba sinusoidă pe care o descrie în mers.

Rotaţia pelvisului ridică cel mai coborât nivel al centrului de greutate al corpului cu aproape 10 cm.

2. ***Înclinarea (basculareа) pelvisului*** se produce în sprijinul pe tot piciorul. Pelvisul cade cu 4-5° pe partea membrului în balans antrenând şi centrul de greutate al corpului. Căderea pelvisului este contrabalansată de abductorii membrului de sprijin. Deoarece membrul în pendulare are şoldul şi genunchiul flectaţi, acest fapt blochează căderea centrului de greutate (care se află pe o linie ce trece printre cele două coxofemurale).

3. ***Flexia genunchiului*** apare tot în momentul de sprijin pe tot piciorul, când de la extensia completă a genunchiului în momentul contactului cu călcâiul se produce apoi în sprijinul de mijloc o flexie de 15° a genunchiului care va pregăti apoi desprinderea. Această flexie coboară centrul de gravitate.

Cele trei mişcări de până acum realizează o reducere a mişcărilor centrului de greutate al corpului cu cca 5 cm.

4. ***Mişcarea piciorului şi genunchiului*** aduce, de asemenea, o amorsare a curbei sinusoidale tot cu cca 5 cm. Glezna pivotează pe călcâiul posterior în faza iniţială de contact ca apoi punctul de pivotare să avanseze spre piciorul anterior în faza de sfârşit a sprijinului. Această acţiune determină o ridicare a centrului de gravitate chiar în momentul în care el era coborât în punctul cel mai de jos.

Astfel genunchiul (vezi pct. 3) şi piciorul realizează o netezire a curbei sinusoidale făcută de mişcările pe verticală ale centrului de greutate.

5. ***Deplasarea laterală a pelvisului*** respectiv mişcarea pe un plan orizontal a centrului de gravitate se face spre piciorul de sprijin căci firul de plumb trebuie să cadă pe acest picior (momentul unipodal). Aceasta înseamnă că centrul de greutate trebuie să treacă când pe stânga când pe dreapta pe piciorul respectiv de sprijin. Această mişcare totalizează cam 15 cm.

Dar valgul anatomic (fiziologic) al genunchiului în combinaţie cu adducţia şoldului plasează membrele inferioare unul lângă altul. Dacă aceste corecturi nu ar exista distanţa minimă între picioare ar fi egală cu lăţimea pelvisului în lateralele căruia sunt plasate coxofemuralele. Aceste corecturi reduc mult deplasările laterale ale bazinului. O legănare însă de cca 5 cm este totuşi necesară.

Aşadar, centrul de gravitate nu descrie o mişcare sinusoidală doar pe verticală, ci şi una pe orizontală (dreapta-stânga).

În momentul dublului sprijin, centrul de gravitate este pe mijloc în punctul cel mai de jos. În sprijin pe un picior el se urcă în punctul cel mai de sus şi cel mai lateralizat (mişcarea pe orizontală).

Dar chiar în momentul în care centrul de greutate este cel mai ridicat (sprijinul complet pe un picior) înălţimea totală a corpului este mai mică decât în stând ortostatic. Aceasta datorită flectării genunchiului şi înclinării pelvisului în mişcare.

În mod curios, în alergare, el este în cel mai înalt punct în faza de „zbor" (când amândouă picioarele sunt în aer) şi în punctul cel mai de jos în faza de sprijin complet pe un picior.

În mers membrul inferior este supus la rotaţii importante de cca 25° provenite din rotaţiile: pelvis 8°; femur 8°; tibie 9°. De la începutul ciclului (atacul cu călcâiul) şi până la desprindere se produce o rotaţie internă care atinge maximum în mijlocul fazei de sprijin. Apoi rotaţia se inversează rapid spre extern din momentul terminării sprijinului. În mersul pe nisip ud acesta este momentul în care piciorul aruncă nisipul.

De ce este importantă această analiză kinematică a mersului? Deoarece ea este în strânsă corelare cu consumul energetic din timpul mersului. Consumul energetic determină apariţia oboselii la mers. El este în raport direct cu mişcările centrului de greutate în sus şi jos şi pe orizontală. Cu cât aceste mişcări vor fi mai ample, cu atât consumul energetic va fi mai mare.

Cea mai mică energie s-ar consuma când alunecăm pe roţi sau pe patine deoarece centrul de greutate are în acest caz o traiectorie paralelă cu solul.

Aşa cum se ştie, centrul de greutate al corpului se află cam în dreptul vertebrei a 2-a sacrate la 5 cm mai anterior. Mişcarea lui este în mod normal cam de 5 cm pe axul vertical şi tot de 5 cm pe cel orizontal adică chiar mai puţin de jumătate din cât ar fi putut fi dacă nu ar exista cele 6 mişcări determinante ale mersului. În lipsa lor, mişcările centrului ar depăşi 10 cm.

Desigur că amplitudinea mişcărilor variază în mod normal cu înălţimea şi lungimea pasului individului, dar indiferent de valoarea acestei amplitudini ea rămâne tot jumătate faţă de ce ar putea fi.

Există două momente de consum energetic maxim în timpul ciclului de mers:

a) În faza de pendulare spre finalul ei când se instalează o decelerație a întregului corp care era pornit spre o mişcare înainte;

b) În momentul atingerii solului cu călcâiul se realizează o absorbție de energie, centrul de greutate având tendinţa să se deplaseze înainte în continuare.

Există o impresie greşită că mersul cu bastonul sau cârje determină o scădere a consumului energetic al mersului.

Un subiect sănătos care merge cu baston sau cârje cu încărcare parţială a unui membru consumă de fapt cu 18-36% mai multă energie pe unitatea de distanţă. Mersul în cârje cu sprijin de antebraţ fără încărcarea deloc a membrului cere o creştere de energie cu 41-61%. Acelaşi consum crescut şi când se utilizează cârje axilare.

Dacă analiza kinematică a mersului a demonstrat mişcările şi consumul energetic date de aceste mişcări este necesară şi o scurtă analiză kinetică adică un studiu despre forţele musculare care realizează de fapt mişcările membrelor inferioare. Astfel:

– În faza de atac cu călcâiul cei mai activi muşchi sunt tibialul anterior şi peronierii (grupul pretibial). Cvadricepsul este şi el activat ca şi abductorii şi adductorii coxofemurali.

– În faza de sprijin sunt activaţi muşchii gambei (inclusiv inversorii şi eversorii piciorului) mai ales în jumătatea a 2-a a acestor faze. În prima jumătate fesierul mare este activat.

– În faza de pendulare intră în joc ischiogambierii, iar la început şi adductorii coapsei.

Evaluarea mersului se va realiza aşadar pe baza analizei kinematicii şi kineticii mersului. Parametrii mersului descrişi mai înainte vor fi urmăriţi cu atenţie şi cuantificaţi.

În continuare prezentăm pe cele 4 faze ale mersului pornind de la schema normală, posibilele perturbări ivite şi ce evaluări trebuie făcute pentru a înţelege cauzele acestor tulburări.

Faza I: atacul cu talonul (fig. 11.7.)

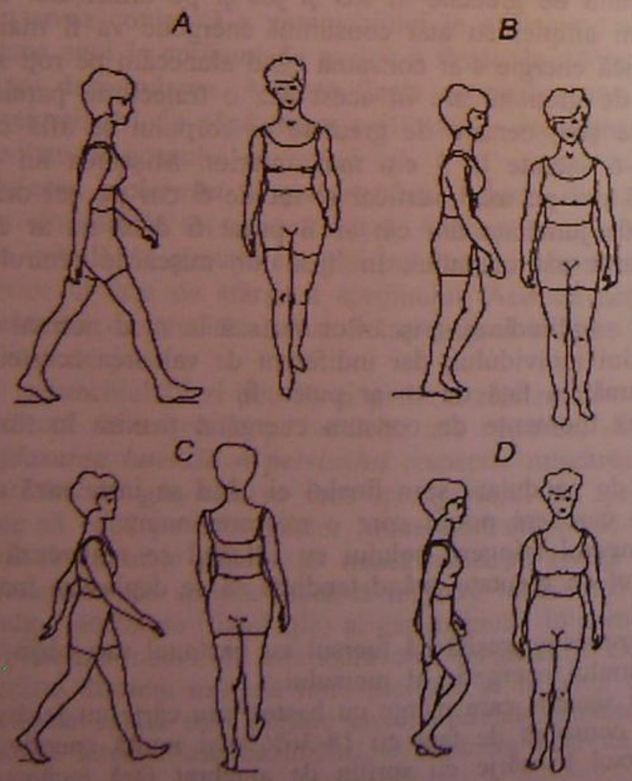


Fig. 11.7. – Fazele mersului: *a* – faza I = atacul cu talonul; *b* – faza a II-a = poziţia medie; *c* – faza a III-a = desprinderea de sol; *d* – faza a IV-a = balansul.

- Capul şi trunchiul, verticale; braţul opus este proiectat înainte;
- Bazinul face o uşoară rotaţie anterioară;
- Genunchiul membrului de atac este extins;
- Piciorul respectiv este în unghi drept cu gamba.

Perturbări ale fazei I:

– Capul şi trunchiul se apleacă înainte.
Se controlează: extensorii genunchiului.

– Trunchiul alunecă spre dreapta şi şoldul se roteză extern – pasul se scurtează.
Se controlează: rotatorii interni ai şoldului, extensorii genunchiului şi eversorii piciorului.

– Bazinul se rotează posterior.
Se controlează: extensorii şoldului şi flexorii coapsei (evaluarea mărimii pasului).

– Şoldul în abducţie.
Se controlează: adductorii.

– Genunchiul în extensie blocată sau în hiperextensie.
Se controlează: extensorii şi flexorii genunchiului.

– Piciorul este pe plat, pe sol (căderea antepiciorului).
Se controlează: flexorii dorsali ai piciorului.

Faza a II-a: poziţia medie.

- Capul şi trunchiul verticale;
- Braţele apropiate de axa corpului;
- Bazinul foarte uşor rotat anterior şi uşor înclinat spre stânga;
- Coapsa dreaptă moderat rotată extern;
- Genunchiul drept extins, iar cel stâng uşor flectat.

Perturbări ale fazei a II-a:

– Capul şi trunchiul se apleacă înainte, cu o rotaţie anterioară crescută a bazinului.
Se controlează: extensorii genunchiului.

– Capul şi trunchiul se apleacă îndărăt, cu o rotaţie posterioară a bazinului.
Se controlează: extensorii şoldului.

– Capul şi trunchiul se apleacă spre dreapta, bazinul se ridică pe partea stângă, în timp ce braţul drept se îndepărtează de corp („mersul fesierului mijlociu“).
Se controlează: abductorii coapsei drepte.

– Bazinul este în rotaţie anterioară exagerată.
Se controlează: abdominalii şi extensorii coapsei; de verificat amplitudinea extensiei coapsei.

– Bazinul este înclinat spre partea stângă („mersul tip Trendelenburg“).
Se controlează: abductorii coapsei drepte.

– Şoldul în rotaţie externă exagerată.

Se controlează: abductorii şi rotatorii interni ai coapsei, extensorii genunchiului şi eversorii gleznei.
- Genunchiul în extensie sau în hiperextensie.
  Se controlează: flexorii şi extensorii genunchiului, flexorii dorsali ai gleznei (evaluarea amplitudinii flexiei dorsale a gleznei).
- Genunchiul are o flexie exagerată.
  Se controlează: flexorii plantari ai gleznei.

Faza a III-a: desprinderea de sol a piciorului.
- Capul şi trunchiul verticale;
- Braţul drept înaintea axului corpului, cu cotul uşor flectat, braţul stâng uşor îndărătul axului corpului, cu cotul extins;
- Bazinul în rotaţie anterioară;
- Coapsa dreaptă în uşoară rotaţie externă;
- Genunchiul drept uşor flectat;
- Glezna dreaptă în flexie plantară;
- Piciorul se sprijină pe partea anterioară;
- Degetele în extensie din MTF.

Perturbări ale fazei a III-a:
- Braţele sunt la distanţe diferite de axa corpului; coatele sunt flectate.
  Se controlează: flexorii plantari şi extensorii coapsei şi genunchiului.
- Bazinul cu rotaţie anterioară exagerată.
  Se controlează: abdominalii şi extensorii coapsei; de verificat amplitudinea extensiei coapsei.
- Şoldul în rotaţie externă exagerată.
  Se controlează: flexorii plantari şi extensorii coapsei şi genunchiului.
- Genunchiul este parţial flectat şi/sau flexia plantară este limitată, glezna putând fi în dorsiflexie.
  Se controlează: flexorii plantari.

Faza a IV-a: balansarea.
- Capul şi trunchiul, verticale;
- Braţele în apropierea axei corpului;
- Bazinul cu foarte uşoară rotaţie anterioară;
- Şoldul în uşoară rotaţie internă;
- Coapsa şi genunchiul drept flectate;
- Membrul de sprijin este aliniat vertical la bazin;
- Piciorul în unghi drept pe gambă şi uşor eversat.

Perturbări ale fazei a IV-a:
- Trunchiul alunecă spre stânga, în timp ce bazinul se ridică pe dreapta.
  Se controlează: flexorii coapsei şi genunchiului, flexorii dorsali ai gleznei.

- Bazinul rotat posterior.
  Se controlează: extensorii şi flexorii coapsei, de verificat amplitudinea flexiei.
- Coapsa în abducţie.
  Se controlează: flexorii coapsei şi genunchiului, ca şi flexorii dorsali ai piciorului; de verificat amplitudinea adducţiei şi flexiei coapsei, ca şi flexia genunchiului.
- Şoldul în rotaţie externă.
  Se controlează: rotatorii interni ai coapsei şi eversorii piciorului.
- Flexia coapsei şi a gambei este exagerată, iar antepiciorul cade (stepaj).
  Se controlează: flexorii dorsali ai piciorului.
- Degetele se târăsc pe sol.
  Se controlează: flexorii coapsei, gambei şi cei dorsali ai piciorului.

Există o clasificare a mersului disfuncţional în două mari categorii: mers nedureros şi mers dureros.

A. ***Mersul nedureros*** se subclasifică în:
1. Mers osteogenic
2. Mers artrogenic
3. Mers miogenic
4. Mers neurogenic
5. Mers senil

Se înţelege că denumirile au la bază structura care este afectată perturbând mersul.

În mersul nedureros este afectat mai ales aspectul mersului decât ritmul lui.

B. ***Mersul dureros***

Are în special perturbat ritmul de mers decât aspectul mersului. Această perturbare este dată de transferul rapid al greutăţii corpului de pe membrul inferior dureros pe cel sănătos.

Dacă durerea este foarte mare se merge cu şoldul, genunchiul, piciorul flectaţi, se pune uşor piciorul pe pământ şi se „topăie" repede pe celălalt picior.

În general mersul patologic se datorează inegalităţii membrelor, limitării mobilităţii articulare, instabilităţii articulare, paraliziilor, ataxiei, durerilor.

Există câteva tipuri de mers relativ caracteristice, tipice pentru unele boli. Evaluarea acestor tipuri de mers reprezintă practic observarea şi cunoaşterea simptomatologiei bolilor respective.

Descriem în continuare câteva astfel de tipuri de mers patologic:
- Mersul dureros a fost descris mai sus.
- Mersul stepat: este un mers compensator utilizând o excesivă flexie a şoldului şi genunchiului pentru a atenua un membru inferior „prea lung funcţional", datorită căderii labei piciorului (în equin). Apare fie în spasticitatea gastrocnemianului, fie în paralizia dorsoflexorilor piciorului.

• Piciorul equin în faza de balans se datorează retracturii tendon achilian, spasticităţii solearului, gastrocnemianului sau tibialului posterior şi scăderii forţei (parezei) tibialului anterior.

• Genunchi recurvat în faza de susţinere apare în contractura flexorilor plantari, pareza cvadricepsului, spasticitatea flexorilor plantari, spasticitatea cvadricepsului;

• Mersul cu semnul Trendelenburg, înclinarea laterală a trunchiului, pe partea piciorului de sprijin. Apare în scăderea forţei abductorilor şoldului şi în durerea de şold în mers.

Bilateralitatea semnului dă mersul legănat (de raţă).

• Mersul cu hiperextensia trunchiului, mers legănat spre spate (pentru a împiedica căderea înainte) ce apare în paralizia extensorilor şoldului;

• Mers târşâit care reduce mult faza de balans sau realizând-o cu menţinerea unui uşor contact cu solul. Apare la bătrâni, persoane cu slăbire severă etc.

• Mers bradikinetic, rigid (ca în parkinson) este un mers cu paşi mici, ţepeni etc.

Observarea se face prin o testare standardizată: bolnavul stă pe scaun – se ridică – începe să meargă (iniţierea mersului) – merge 10 m – se întoarce 180° – merge până la scaun – se aşează.

În ultimii 10-12 ani studiile asupra mersului s-au înmulţit căci se dă o importanţă tot mai mare patologiei şi, respectiv, recuperării mersului. Nu numai pentru faptul în sine, deoarece mersul asigură independenţa individului, ci şi pentru că un mers patologic va determina în mod sigur decompensări funcţionale atât ale membrului inferior (articulaţia genunchiului, şoldului) cât şi coloanei. S-a creat pentru aceste studii o aparatură electronică sofisticată care practic urmăreşte 2 elemente. Pe de o parte mişcările bazinului, ale articulaţiei membrului, mişcările fiecărui segment, ca şi valoarea parametrilor ciclului de mers. Se realizează prin radiocinematografiere sau tehnici similare. Pe de altă parte, se analizează modalitatea de transmitere a presiunii corpului pe diverse puncte ale tălpii. Această presogramă realizată dintr-un număr foarte mare de puncte creează şi posibilitatea unei ortezări corecte a piciorului.

O serie de alte date teoretice şi practice de analiză a mersului vor mai putea fi găsite în diverse alte capitole ale acestei monografii.

11.5.5. *Evaluarea „calităţii vieţii"*

Organizaţia Mondială a Sănătăţii (OMS) a definit în 1948 „Sănătatea" ca fiind nu numai absenţa bolilor şi infirmităţii, ci şi prezenţa unei „stări de bine" fizice, mintale şi sociale. Desigur că după o astfel de definiţie următorul pas a fost perceperea legăturii între modul (stilul) de viaţă şi această „stare de bine". Treptat studiile de evaluare şi cercetările au dovedit fără dubiu că sănătatea este în corelare directă cu calitatea vieţii *(„health-related quality of life").*

Aceste studii s-au înmulţit extraordinar de repede dovedind interesul crescând pentru acest aspect. Iată spre exemplu (după Marcia A. Testa şi D. Simonson), în 1973 au fost publicate în SUA doar 5 articole despre calitatea vieţii. În 1974 – 195 articole, în 1975 – 273 articole, în 1976 – 490 articole, ca în 1977 să ajungă la 1252 articole. De atunci, astfel de comunicări s-au însutit, poate chiar înmiit.

Lucrările în problemă analizează cost/eficienţa unei astfel de abordări terapeutice precum şi modalităţile şi direcţiile de evaluare.

Evaluarea „calităţii vieţii" sau cum se preferă să se spună *„sănătatea în raport cu calitatea vieţii"* măsoară schimbările în starea de sănătate fizică, mintală, funcţională şi socială în scopul aprecierii costurilor umane şi financiare şi beneficiilor noilor programe şi intervenţii.

„Calitatea vieţii" se referă la variate domenii ale sănătăţii, domeniul fizic, psihologic şi social, domenii distincte influenţate de experienţa, credinţele, perspectivele, aşteptările şi percepţiile indivizilor.

Fiecare domeniu poate fi măsurat prin două dimensiuni: prin evaluare obiectivă a funcţionării sau stării de sănătate şi prin perceperea subiectivă a stării de sănătate.

Trebuie remarcat că doi indivizi cu aceeaşi stare de sănătate pot avea foarte diferite „calităţi ale vieţii".

Desigur că fiecare domeniu al sănătăţii este alcătuit din mai multe componente: simptome, abilităţi funcţionale sau disabilităţi etc. care trebuie testate.

Sănătatea are multiple influenţe ceea ce determină o infinitate de stări de sănătate. În fig. 11.8 este schematizată însăşi concepţia evaluării „calităţii

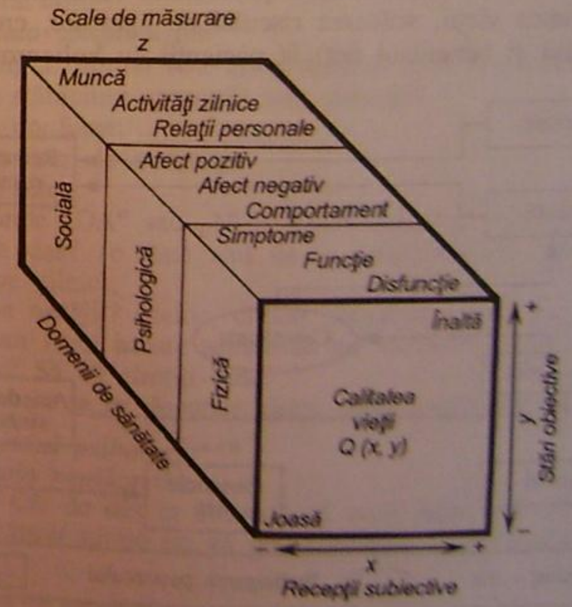


Fig. 11.8. – Schema conceptuală a domeniilor şi implicările variabile în evaluarea calităţii vieţii (explicaţii în text).

vieţii". În schemă sunt trecute cele 2 tipuri de evaluare: prin percepţiile subiective (axa x) şi prin starea obiectivă a sănătăţii (axa y), ca şi măsura calităţii actuale a vieţii asociată cu componentele specifice ale domeniilor de sănătate (scala Z).

„Calitatea vieţii" (se notează cu „Q") nu poate fi determinată direct ci prin procedeul clasic al întrebărilor dintr-o scală. Răspunsurile sunt convertite apoi în scoruri. Sunt scalele cu scoruri utilizate după cum s-a mai arătat în multe alte situaţii de evaluări.

Simplist am putea interoga subiectul cu fraza: „aşază pe o scală de la 1 la 10 locul pe care crezi că l-ar ocupa «calitatea vieţii tale»".

Răspunsul va fi rar aproape de realitate. A determina „calitatea vieţii" la persoane cu boli cronice şi cu incapacitate este un lucru deosebit de dificil. A aprecia eficienţa terapiei (respectiv a asistenţei de recuperare) prin „calitatea vieţii" înainte şi după tratament ar reprezenta un model de evaluare de extraordinară valoare. Uneori este suficient să ameliorăm 1-2 semne ale bolii ca să se producă un salt spectaculos în „calitatea vieţii" acelui pacient. Spre exemplu aplicarea unei proteze totale de şold la un coxotic sever prin care dispare durerea şi-şi reia mobilitatea şoldului şi mersul aproape normal va schimba decisiv „calitatea vieţii" pacientului. De asemenea, ameliorând toleranţa la efort la un bolnav bronhopulmonar sau cardiac se va înregistra aceeaşi îmbunătăţire a „calităţii vieţii".

Iată în fig. 11.9 o schemă care încearcă să prezinte un model ipotetic asupra relaţiilor între influenţele terapeutice (senzaţie de securitate, eficienţă, uşurinţă-confort), caracteristicile pacientului (complianţa) şi rezultatele măsurabile (calitatea vieţii, scăderea riscului de agravare, creşterea speranţei de viaţă sănătoasă şi beneficiul net) la pacienţii cu boli cronice.

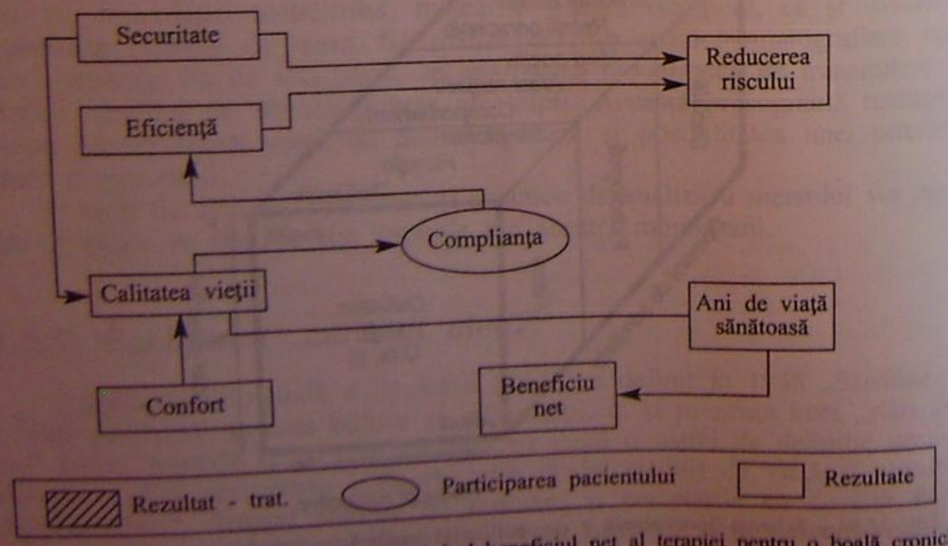


Fig. 11.9. – Rolul „calităţii vieţii" determinând beneficiul net al terapiei pentru o boală cronică.

Există o serie de chestionare, mai complexe sau mai reduse, sau alte teste informale prin care se apreciază „calitatea vieţii".

Aceste teste informale, mai ales sub forma scalelor de întrebări, pot fi de 2 feluri:

a) generale, nespecifice, fără să se adreseze unor anumite boli sau vreunei anumite categorii populaţionale.

b) specifice, focalizate pe anumite boli sau domenii, pe anumite condiţii prevalente ale pacienţilor.

Acestea ultime sunt de obicei utilizate în clinici pentru triere în vederea tipurilor de tratament ce vor trebui aplicate şi ale căror rezultate vor fi apoi evaluate.

În continuare prezentăm o scală chestionar (simplificată) utilizată pentru aprecierea diverselor domenii ale „calităţii vieţii":

A. ***Domeniul fizical***

1. *Scala funcţională**

Vă permite sănătatea să faceţi zilnic activităţile următoare? Dacă da, cât de mult?

a) A ridica şi căra alimente;
b) A urca un tronson de trepte;
c) A merge pe jos câteva sute de metri;
d) A face baie şi a vă îmbrăca singuri.

Răspunsurile vor fi:
– da, mult limitat;
– da, puţin limitat;
– da, fără limite.

2. ***Scala simptomelor****

În timpul ultimei luni aţi prezentat următoarele semne sau senzaţii?

a) slăbiciune generală sau oboseală;
b) confuzie;
c) arsuri la stomac;
d) sete.

Se răspunde „DA" sau „NU". Dacă răspunsul este „DA", veţi preciza:
– cât de des? (o dată sau de 2 ori/săptămână, deseori săptămânal, aproape zilnic);
– cât v-a necăjit? (deloc, uneori, moderat, mult, foarte mult);
– cât v-au făcut aceste semne să nu vă bucuraţi de viaţă? Să munciţi efectiv? Să vă simţiţi bine?

Pentru fiecare se va răspunde: deloc, uneori, moderat, foarte mult, excesiv).

B. ***Domeniul psihologic****

1. *Scala neplăcerilor*

a) Cât de des în ultima lună v-aţi simţit atât de trişti (depresaţi) încât nimic nu vă putea înveseli („depresia")?

---

* Scala are 10 puncte, dar s-au prezentat doar 4.
** Scala are aici 51 de simptome. Sunt trecute doar 5.
*** Sunt 38 de puncte pe scală din care au fost alese 6.

b) Cât de mult timp v-aţi simţit o persoană foarte nervoasă („anxietate")?
c) În timpul ultimei luni aţi fost într-un control ferm al comportamentului vostru, al gândurilor, emoţiilor şi simţurilor voastre? („controlul emoţional").

2. *Scala stării de bine*
a) Cât de fericit, satisfăcut, cu plăcere v-aţi simţit datorită vieţii voastre personale în ultima lună? („satisfacţie de viaţă").
b) Cât de mult ca timp în perioada ultimei luni v-aţi simţit relaxat şi netensionat? („stare de bine general").
c) În timpul ultimei luni cât de mult ca durată v-aţi bucurat în general de ceea ce aţi făcut? („afect pozitiv").

Cu răspunsuri: niciodată, aproape niciodată, uneori, destul de des, mereu etc.

C. ***Domeniul performanţei de muncă****
Dacă sunteţi angajat, în ultima lună aţi avut:
a) De făcut muncă mai multă decât alţi angajaţi pe acelaşi loc de muncă.
b) De muncit pentru perioade scurte sau cu luări de frecvente concedii datorită sănătăţii?
c) De muncit în program regulat ca număr de ore?

Răspunsul, alegând din:
– tot timpul, o mare parte din timp, ceva timp, deloc.

Aşadar, după modelul de mai sus de chestionar-scală putem construi propriile scale de investigare a „calităţii vieţii".

Pentru a ajunge la scoruri, este necesar să se dea note, cifre negative pentru aspectele negative ale vieţii şi pozitive pentru cele favorabile.

Totalul va reprezenta un scor final care nu are valoare decât prin comparaţie la acelaşi individ testat în evoluţie, în timp. Dacă criteriile sunt aceleaşi şi tipul de scor respectă aceleaşi gradaţii se pot compara între ele mai multe persoane.

„Calitatea vieţii" poate fi considerată aşadar o foarte bună metodă de evaluare atât pentru screening, cât şi pentru aprecierea eficienţei unei asistenţe terapeutice sau de recuperare.

11.6. CLASIFICĂRILE OMS ALE BOLILOR CRONICE

11.6.1. *Prima clasificare: infirmitate-incapacitate-handicap*

Creşterea rapidă a bolilor cronice ca şi a traumatismelor, cauze de instalare a unor deficienţe morfofuncţionale definitive sau de lungă durată a dus

* Sunt 3 puncte din 6 întrebări ale scalei.

la schimbarea treptată a gândirii medicale care nu mai putea aplica şi acestor stări schema de desfăşurare a unei boli acute: etiologie→patogenie→simptomatologie→vindecare. Boala cronică având o secvenţialitate diferită: boală→infirmitate→incapacitate→handicap.

Pe de altă parte codificarea bolilor avusese în vedere alte criterii care cu greu puteau fi aplicate unei boli cronice care se putea prezenta clinic în zeci de tablouri, în funcţie de severitatea şi complexitatea infirmităţilor şi disfuncţiilor. Practic nu există „o boală denumită artrită reumatoidă", ci un şir de cazuri clinice disfuncţionale cu acest nume care se pot diferenţia major unul de altul prin incapacitatea sau handicapul determinat.

Din perioada anilor '50 Organizaţia Mondială a Sănătăţii (OMS) a început pregătirea unei clasificaţii noi, pe alte principii care să poată preciza toate aceste deficite morfofuncţionale ale unui pacient. Era mai important să se precizeze la un pacient că nu-şi poate mişca şoldul decât din ce cauză nu o poate face.

Au existat mai multe grupuri de lucru ale OMS. Grupul condus de André Grosstard din 1975 a alcătuit o primă clasificare care a fost tipărită şi răspândită de OMS în 1980. Este vorba de *„International Classification of Impairment, Disability and Handicap"* (clasificarea IDH).

Această clasificare nu a apărut doar din necesităţi taxonomice ale perturbărilor induse de boala cronică, ci şi nevoii de a aborda într-o cu totul altă manieră evaluarea unui bolnav. Evaluarea nu este doar o înregistrare a invalidităţilor bolnavului, ci ea se interesează de impactul acestor invalidităţi asupra vieţii individului, a vieţii personale dar şi socio-comunitare, precum şi, apreciază relaţia pacientului cu mediul înconjurător, mediul fizic, social, economic, profesional, educaţional.

Avem astfel aici explicaţia introducerii discuţiei despre clasificări în acest capitol al evaluării.

Clasificarea IDH din 1980 a fost înlocuită în ultimii 2 ani cu alte 2 clasificări.

În iulie 1999, OMS elaborează „International Classification of Functioning and Disability" sau IDH-2 ca o variantă a clasificării IDH, propunând-o pentru studiu şi experimentare pe 2 ani.

În mai 2001, se editează cea de-a 3-a clasificare „International Classification of Functioning, Disability and Health" propusă şi ea pentru experimentare şi amendări până la definitivarea unei clasificări acceptate general.

Bazele teoretice cu explicarea noţiunilor se află în prima clasificare care cel puţin teoretic este încă în curs. Din acest motiv, vom începe tocmai cu prezentarea pe scurt a acestei clasificări, apoi vom schiţa noutăţile celorlalte 2 clasificări.

A. ***Impairments:*** termen englezesc pe care noi îl traducem prin *„infirmităţi"*, iar francezii prin „deficienţe".

Noţiunea se defineşte ca „pierderea sau anormalitatea unei structuri anatomice sau unei funcţii fiziologice sau psihologice".

Infirmitatea reprezintă alterarea stării de sănătate constatată prin evaluarea medicală.

Pentru a trage o linie precisă de demarcare cu bolile acute aşa cum se sublinia mai sus se consideră că „infirmitatea" descrie condiţiile statice sau stabile care au avut suficient timp pentru o reparare optimală a ţesuturilor şi care au puţine şanse probabile să se mai schimbe cu tot tratamentul medical sau chirurgical. Aici se impune o completare. Această anormalitate este considerată ca atare după obţinerea unei maxime ameliorări medicale.

Infirmitatea – în general – este deci definitivă ea putând să se amelioreze prin program recuperator.

Anormalitatea dată de infirmitate se raportează la nivelul unui organ, unui sistem. Termenul de anormalitate aici trebuie înţeles ca o deviere de la standardele biomedicale general acceptate. Este adevărat că percepţia de normalitate sau anormalitate variază cu individul, cu sexul, vârsta şi alţi factori.

Totuşi, nu orice infirmitate (în accepţia definiţiei de mai sus) poate fi considerată chiar boală. Este greu să consideri bolnav un individ căruia îi lipseşte falanga a 3-a de la un deget de la picior, sau este parţial chel, sau este hiperemotiv sau homosexual etc., deşi toate aceste stări sunt codificate în clasificare la capitolul „impairments".

Există în clasificarea IDH 9 tipuri de infirmităţi, în fiecare tip putând fi incluse subcategorii.

1. *Infirmitatea intelectuală* care cuprinde tulburările cognitive, de inteligenţă, memorie, gândire şi altele. Iată câteva exemple din categoriile de mai sus:

- pierderea memoriei figurilor
- amnezie retrogradă
- gândire ilogică
- incoerenţa procesului de gândire
- etc.

Sunt codificate circa 36 de infirmităţi intelectuale.

2. *Alte infirmităţi psihologice* în care intră tulburări de conştienţă, de atenţie, emoţionale, funcţii voliţionale, insomnia, comportamentale. Este vorba aici de acele infirmităţi care interferează cu „viaţa mintală" a omului. Câteva exemple:

- dezorientare în timp şi spaţiu
- mutism akinetic
- epilepsia
- somnolenţa
- narcolepsia
- anorexia
- impotenţa
- homosexualitatea

- anxietatea
- hipomania
- depresia
- etc.

Există 68 de poziţii de infirmitate la acest tip.

3. *Infirmitate de vorbire* se referă atât la funcţia de vorbire (comunicare, înţelegere, învăţare-citit-scris), cât şi la producerea vocii:

- dislexie
- autism
- mutism
- tulburări de scris, citit
- bâlbâială
- etc.

4. *Infirmităţi aurale* cuprind 36 de coduri care se referă atât la sensibilitatea auditivă şi vestibulară, cât şi la perturbări anatomice la nivelul aparatului auditiv.

5. *Infirmităţi oculare,* idem ca la cele aurale, adică atât aspecte anatomice ale ochiului şi anexelor lui cât şi asupra acuităţii vizuale.

6. *Infirmităţi viscerale* se referă la patologia organelor interne. Cum se ştie, în clasificarea clasică, există sute de coduri pentru aceste boli. Nu şi în clasificarea IDH. Spre exemplu, bolile cardiorespiratorii au 129 de categorii codificate în clasificarea bolilor, dar ca infirmităţi nu există decât 10 poziţii. Iată-le:

- scurtarea respiraţiei (dispnee, ortopnee, insuficienţă respiratorie);
- alte tulburări respiratorii (wheezing, stridor);
- sunete anormale (cardiace, toracice);
- dureri în piept la efort;
- alte dureri toracice;
- intoleranţă la efort (inclusiv claudicaţia);
- tulburări ritm cardiac;
- tuse şi spută;
- alte infirmităţi ale funcţiei cardiorespiratorii (inclusiv hemoptizia);
- nespecificată.

Infirmităţile viscerale codifică tulburările şi din sfera urinară (colica renală, poliurie, disurie etc.), gastrointestinală, traheo-esofagiană, sfera genitală şi funcţia sexuală, masticaţia şi salivaţia, olfacţia.

7. *Infirmităţile scheletale* sunt cele mai importante pentru kinetoterapeut.

Există 3 grupe mari de codificare:

A. Infirmităţile capului şi gâtului şi trunchiului (prognatism, deviaţii de coloană, ticuri etc.) cu câteva sute de coduri.

B. Infirmităţile mecanice şi motorii ale membrelor:

a) mecanice: ankiloze, redoare, contractură, diformitate, instabilitate, deviaţii etc. cu specificarea segmentelor (umăr, cot, police, şold, picior etc.);

b) motorii (paraliziile spastice, flasce cu specificări, mişcări anormale, rigidităţi, inabilitate etc.).

C. Deficienţe ale membrelor, grupă aparte care cuprinde: amputaţii, dezarticulaţii, anomalii osoase congenitale cu specificări de regiuni + tipuri, fiecare având un cod.

8. *Infirmităţi desfigurative,* categorisite separat, dovedind astfel importanţa acordată interrelaţiei individului cu societatea. Există 3 subcategorii:

a) infirmităţi desfigurative ale capului şi trunchiului (cicatrice, deformarea nasului, chelia, pigmentarea pielii feţei etc.);

b) ale membrelor (sindactilii, sinostoze, hipoplazii, edem, varicozităţi, cianoză etc.);

c) altele – mai ales stări postoperatorii (traheostomie, gastrostomie, anus contra naturii, cateter urinar etc.).

9. *Infirmităţi generalizate, senzitive şi altele,* un grupaj polimorf în care se introduce tot ce nu a intrat în celelalte tipuri de infirmităţi. Sunt câteva sute de coduri.

a) infirmităţi generalizate (tulburări hemoragice, incontinenţă, tulburări de creştere, malnutriţie, fragilitate osoasă, polidipsie, febră, prurit generalizat etc.);

b) infirmităţi sensitive (cefalee, parestezii, anestezie, dureri membre, sarcină, tulburări de sudoraţie, tulburarea sensibilităţii profunde etc.).

Din această rapidă trecere în revistă a infirmităţilor, s-a putut vedea că sunt consemnate de-a valma atât defecte anatomice, tulburări funcţionale fizice şi psihice cu referire strictă la organul sau sistemul interesat.

B. ***Disabilities:*** termen tradus la noi şi la francezi prin *„incapacitate“*, dar deseori şi prin *„disfuncţie“*.

Incapacitatea se defineşte ca: „orice restricţie sau pierdere a capacităţii de a performa o activitate în maniera sau într-un grad considerat normal pentru o fiinţă umană“.

Incapacitatea se referă la inabilitatea unui individ de a executa o sarcină, o acţiune.

Incapacitatea se instalează pe fondul unei (sau mai multor) infirmităţi, dar nu orice infirmitate generează incapacitate. Sau un individ poate avea o minoră infirmitate şi să fie considerat cu incapacitate totală. Spre exemplu, un zidar cu 5% infirmitate datorită unei lombalgii are o incapacitate de 100% pentru munca lui. Invers, un profesor cu paraplegie are 70% invaliditate (după ghidul AMA), dar putând să-şi ţină cursurile în continuare practic nu are nici un fel de incapacitate vocaţională.

Aşadar, evaluarea infirmităţilor singure fără a lua în considerare impactul asupra determinării incapacităţii nu va putea crea imaginea corectă a efectelor bolii cronice asupra individului.

Incapacitatea reflectă perturbarea la nivel de individ, ca persoană afectată şi nu la nivel de organ sau sistem (ca infirmitatea). Practic ea se evi-

denţiază în mod esenţial asupra componentelor vieţii de fiecare zi, a performanţelor acestor activităţi.

Incapacitatea este permanentă sau temporară progresivă sau regresivă.

Clasificarea IDH cataloghează 8 tipuri de incapacităţi:

1. *Incapacitate comportamentală* cu 2 subclase:
   a) Incapacităţi de conştienţă cum ar fi:
      – comportament inadecvat în societate;
      – tulburări ale aparenţei (neîngrijit, bizarerii);
      – nu fixează timpul şi spaţiul;
      – tulburări în identificarea persoanelor şi lucrurilor;
      – incapabil de autoprotecţie;
      – incapabil de a învăţa noi activităţi;
      – etc.
   b) Incapacităţi relaţionale:
      • în cadrul familiei (tulburări afective maritale, tulburări sexuale maritale, tulburări în relaţiile părinte-copii, nu participă la viaţa familială etc.);
      • în cadrul ocupaţional (incapabil de a coopera cu alte persoane, lipsă de interes pentru orice activitate recreaţională, lipsit de motivaţie pentru muncă etc.);
      • alte incapacităţi comportamentale (comportament antisocial, aroganţă, indiferent faţă de standardele sociale etc.).
2. *Incapacitate de comunicare* cuprinde toate aspectele, indiferent de cauză, în care o persoană
   – nu poate genera şi emite mesaje;
   – nu poate recepţiona şi înţelege mesaje.

Acestea apar în incapacităţi de vedere, de auz, de vorbire, nu ştie să citească şi să scrie, nu cunoaşte nici un sistem gestual de comunicare etc.

3. *Incapacitate de îngrijire personală* prezintă 4 grupaje din aceste incapacităţi.
   a) Incapacităţi excretorii (urinare, intestinale):
      – excreţii controlate prin diverse metode (sonde, stimulări electrice, colostomii etc.);
      – incontinenţe imposibil de controlat;
      – acţiuni de transferuri la WC;
      – etc.
   b) Incapacităţi ale igienei personale:
      – nu pot face baie;
      – nu se pot spăla pe mâini, faţă;
      – nu îşi asigură igiena menstruală;
      – nu se piaptănă, bărbieresc;
      – etc.
   c) Incapacităţi de îmbrăcare-dezbrăcare:
      – nu-şi pot pune cămaşa;
      – nu-şi pot pune pantalonii;

– nu-şi pot închide nasturii, fermoarul;
– etc.

d) Alte incapacităţi:
– nu-şi pot pregăti mâncarea;
– nu pot mânca singuri;
– nu se pot culca în pat;
– nu pot deschide fereastra, uşa;
– etc.

Se observă că această codificare ia în considerare ADL-urile despre care s-a discutat ceva mai înainte.

4. *Incapacitatea locomotorie,* de asemenea un capitol de codificare de primă importanţă pentru kinetoterapeut şi în calitate de testator şi în cea de recuperator.
   a) Incapacitate ambulatorie, subgrup care evaluează mersul în toate condiţiile (pe plat, teren accidentat, traversare, alergat etc.);
   b) Incapacităţi limitative variate: transfer din scaun în pat şi invers etc., transport în comun, transport maşină proprie etc.;
   c) Alte incapacităţi: ridicat-cărat greutăţi, manipulare obiecte, mişcări ale corpului etc.
5. *Incapacităţi de poziţionare a corpului,* categorie mai ambiguă dar reală şi importantă care se referă la capacitatea individului de a executa activităţi distincte asociate cu poziţionări ale corpului şi segmentelor lui. Iată subcategoriile acestor incapacităţi.
   a) Incapacităţi domestice: de a pregăti hrana, de a deschide o cutie de conserve, de a mătura, de a spăla rufe, vase, de a face cumpărături etc.
   b) Incapacităţi ale mişcărilor corpului: nu se apleacă după un obiect, nu poate împinge-trage obiecte, nu poate sta în genunchi, nu poate să se întindă după un obiect etc.
   c) Alte incapacităţi: nu-şi menţine postura corectă, îşi pierde echilibrul, nu păstrează rapoartele normale între segmente etc.
6. *Incapacităţi de dexteritate:* aproximativ este vorba tot de ADL-uri, de abilităţi ale mişcărilor: nu poate aprinde un chibrit-brichetă, nu răsuceşte comutatorul de la radio, lumină, nu deschide un robinet, nu manipulează un ziar, bani, obiecte mici, nu are pensele mâinii etc.
7. *Incapacităţi situaţionale,* categorie mai particulară, căci se apropie mai mult de categoria „invalidităţi" decât de „incapacităţi", dar are o mare importanţă relevând starea unui pacient. Există 2 subgrupe care par că nu au nici o legătură între ele şi totuşi legătura este în faptul că exprimă ideea de „situaţional".
   a) Incapacitate
      – de dependenţă (de aparate, instalaţii, piese: proteze, dializă, respirator, pacemaker, organ transplantat etc.);

      – de anduranţă (toleranţă scăzută la efort, nu menţine poziţia ortostatică sau şezândă etc.);
   b) Incapacitate la mediu (nu tolerează frigul, căldura, ultravioletele, umiditatea, presiuni barometrice extreme, zgomotul, alergenii).
8. *Incapacităţi pentru abilităţi particulare* sunt o serie de aspecte care pot fi codate în alte tipuri de incapacităţi, dar fiind mai deosebite au fost strânse în această grupare separată. Iată câteva exemple:
   – abilităţi comportamentale de manager, motivaţie, inteligenţă;
   – capacităţi conceptuale şi percepţie;
   – capacităţi de concentrare, memorizare, gândire logică;
   – abilităţi în cooperare, în criticism etc.

*
* *

Evaluarea incapacităţii nu este doar o problemă de recunoaştere a existenţei ei şi a consemnării ca atare, ci şi o problemă de mărime, de cuantificare a gradului de incapacitate de care depinde în ultimă analiză însăşi noţiunea de incapacitate *(disability).*

Clasificarea IDH cuprinde o scală intitulată *„Severitatea incapacităţii"* pe baza căreia se apreciază gradul în care performanţa unui individ este restricţionată.

0 = nu există incapacitate, individul poate performa orice activitate;
1 = există dificultăţi în performare (care însă nu se încadrează în codurile 2-6), dar individul le poate realiza singur fără ajutor, dar mai dificil;
2 = activitatea este performată cu ajutor instrumental sau fizic (şi nu intră în categoriile 3-6);
3 = acţiunea poate fi făcută numai asistat de o persoană (şi nu intră în codurile 4-6);
4 = performarea acţiunii este complet dependentă de prezenţa altei persoane (se exclud situaţiile de la codurile 5-6);
5= individul cu incapacitate crescută trebuie ajutat de o persoană, dar fiind necesare şi unele amenajări ale mediului sau unele instalaţii (situaţia 6 exclusă);
6 = individ cu incapacitate completă fiind incapabil să execute sau să menţină o activitate.

În procesul de evaluare este necesar să se aprecieze şi *perspectivele de evoluţie* ale incapacităţii, perspectivele funcţionale ale individului.

În clasificarea IDH există şi o astfel de scală *(„outlook scale categories").*

0 = fără vreo incapacitate;
1 = are potenţial de revenire (vindecare);
2 = are potenţial de ameliorare (fenomenele diminuă);
3 = are potenţial pentru a fi asistat, existând o incapacitate staţionară posibil de asistat prin aparate, instalaţii etc.;

– nu-şi pot închide nasturii, fermoarul;
– etc.

d) Alte incapacităţi:
– nu-şi pot pregăti mâncarea;
– nu pot mânca singuri;
– nu se pot culca în pat;
– nu pot deschide fereastra, uşa;
– etc.

Se observă că această codificare ia în considerare ADL-urile despre care s-a discutat ceva mai înainte.

4. *Incapacitatea locomotorie,* de asemenea un capitol de codificare de primă importanţă pentru kinetoterapeut şi în calitate de testator şi în cea de recuperator.
   a) Incapacitate ambulatorie, subgrup care evaluează mersul în toate condiţiile (pe plat, teren accidentat, traversare, alergat etc.);
   b) Incapacităţi limitative variate: transfer din scaun în pat şi invers etc., transport în comun, transport maşină proprie etc.;
   c) Alte incapacităţi: ridicat-cărat greutăţi, manipulare obiecte, mişcări ale corpului etc.
5. *Incapacităţi de poziţionare a corpului,* categorie mai ambiguă dar reală şi importantă care se referă la capacitatea individului de a executa activităţi distincte asociate cu poziţionări ale corpului şi segmentelor lui. Iată subcategoriile acestor incapacităţi.
   a) Incapacităţi domestice: de a pregăti hrana, de a deschide o cutie de conserve, de a mătura, de a spăla rufe, vase, de a face cumpărături etc.
   b) Incapacităţi ale mişcărilor corpului: nu se apleacă după un obiect, nu poate împinge-trage obiecte, nu poate sta în genunchi, nu poate să se întindă după un obiect etc.
   c) Alte incapacităţi: nu-şi menţine postura corectă, îşi pierde echilibrul, nu păstrează rapoartele normale între segmente etc.
6. *Incapacităţi de dexteritate:* aproximativ este vorba tot de ADL-uri, de abilităţi ale mişcărilor: nu poate aprinde un chibrit-brichetă, nu răsuceşte comutatorul de la radio, lumină, nu deschide un robinet, nu manipulează un ziar, bani, obiecte mici, nu are pensele mâinii etc.
7. *Incapacităţi situaţionale,* categorie mai particulară, căci se apropie mai mult de categoria „invalidităţi" decât de „incapacităţi", dar are o mare importanţă relevând starea unui pacient. Există 2 subgrupe care par că nu au nici o legătură între ele şi totuşi legătura este în faptul că exprimă ideea de „situaţional".
   a) Incapacitate
      – de dependenţă (de aparate, instalaţii, piese: proteze, dializă, respirator, pacemaker, organ transplantat etc.);

      – de anduranţă (toleranţă scăzută la efort, nu menţine poziţia ortostatică sau şezândă etc.);
   b) Incapacitate la mediu (nu tolerează frigul, căldura, ultravioletele, umiditatea, presiuni barometrice extreme, zgomotul, alergenii).
8. *Incapacităţi pentru abilităţi particulare* sunt o serie de aspecte care pot fi codate în alte tipuri de incapacităţi, dar fiind mai deosebite au fost strânse în această grupare separată. Iată câteva exemple:
   – abilităţi comportamentale de manager, motivaţie, inteligenţă;
   – capacităţi conceptuale şi percepţie;
   – capacităţi de concentrare, memorizare, gândire logică;
   – abilităţi în cooperare, în criticism etc.

*
* *

Evaluarea incapacităţii nu este doar o problemă de recunoaştere a existenţei ei şi a consemnării ca atare, ci şi o problemă de mărime, de cuantificare a gradului de incapacitate de care depinde în ultimă analiză însăşi noţiunea de incapacitate *(disability).*

Clasificarea IDH cuprinde o scală intitulată *„Severitatea incapacităţii"* pe baza căreia se apreciază gradul în care performanţa unui individ este restricţionată.

0 = nu există incapacitate, individul poate performa orice activitate;

1 = există dificultăţi în performare (care însă nu se încadrează în codurile 2-6), dar individul le poate realiza singur fără ajutor, dar mai dificil;

2 = activitatea este performată cu ajutor instrumental sau fizic (şi nu intră în categoriile 3-6);

3 = acţiunea poate fi făcută numai asistat de o persoană (şi nu intră în codurile 4-6);

4 = performarea acţiunii este complet dependentă de prezenţa altei persoane (se exclud situaţiile de la codurile 5-6);

5= individul cu incapacitate crescută trebuie ajutat de o persoană, dar fiind necesare şi unele amenajări ale mediului sau unele instalaţii (situaţia 6 exclusă);

6 = individ cu incapacitate completă fiind incapabil să execute sau să menţină o activitate.

În procesul de evaluare este necesar să se aprecieze şi *perspectivele de evoluţie* ale incapacităţii, perspectivele funcţionale ale individului.

În clasificarea IDH există şi o astfel de scală *(„outlook scale categories").*

0 = fără vreo incapacitate;

1 = are potenţial de revenire (vindecare);

2 = are potenţial de ameliorare (fenomenele diminuă);

3 = are potenţial pentru a fi asistat, existând o incapacitate staţionară posibil de asistat prin aparate, instalaţii etc.;

4 = incapacitate stabilă, nu are perspective de ameliorare, dar nici de agravare;

5 = există o progresivitate a bolii, dar poate fi suportabilă prin ortezări, instalaţii, aparate etc.;

6 = incapacitate care se degradează continuu, repede fără vreo perspectivă de ameliorare.

Este evident că în clasificarea IDH se dă „Incapacităţii" cea mai mare atenţie, considerându-se că reprezintă de fapt cheia întregii aprecieri a unui bolnav cronic sau posttraumatic. În fond, evaluarea are tocmai rolul de a încadra pacientul în contextul incapacităţii sale căci programul de recuperare este ghidat în special pe tipurile şi importanţa incapacităţii funcţionale a pacientului.

C. ***Handicaps,*** termen folosit ca atare şi în limba română *„handicap"*, dar din nefericire în interpretări foarte aproximative, ba chiar uneori incorecte. Termenul se defineşte ca: „dezavantajul social al unui individ, determinat de o infirmitate şi incapacitate şi care limitează sau opreşte îndeplinirea unui rol normal în societate pentru un individ, în raport cu vârsta, sexul, factorii culturali şi sociali (de pregătire) ai săi".

Factorii de mediu fizic ambientali sau cei sociali pot ameliora sau agrava un handicap. Handicapul reprezintă „socializarea" infirmităţii, respectiv a incapacităţii, exprimând deci reflectarea acestora la nivel social, educaţional, cultural, economic etc. În contextul acesta, individul este privit ca un component al societăţii umane. Se poate spune deci că handicapul apare atunci când se produce o interferenţă între capacităţile individului şi posibilităţile lui de a-şi menţine „rolurile de supravieţuire" în mediul său social. Clasificarea IDH împarte handicapurile pe baza circumstanţelor (a rolurilor de supravieţuire) care plasează indivizii într-un dezavantaj evident faţă de semenii lor, când sunt apreciaţi prin prisma normelor sociale. Fiecare categorie de handicap este apreciată pe baza unei scale care urmăreşte pe cât posibil precizări de severitate ale handicapului respectiv.

În această clasificare, nu interesează ce anume a determinat handicapul, ci rezultatul acestui handicap.

1. *Handicapul de orientare* reprezintă pierderea capacităţii unui individ de a se orienta singur, în raport cu mediul înconjurător. Cauze pot fi multiple.

Scala pentru acest handicap de la 0 la 9 cataloghează diverse stadii ale tulburărilor de orientare de la individul sănătos (0) până la individul inconştient (8).

2. *Handicapul independenţei fizice* ia în considerare indivizii care nu mai au capacitatea de a susţine o existenţă independentă efectivă obişnuită. Acest handicap se referă la dificultăţile de autoîngrijire, ale vieţii zilnice curente.

Scala de ierarhizare a severităţii handicapului se întinde între 0 şi 9 de la independent la dependenţi total cu supraveghere continuă şi trecând prin independenţe parţiale ajutate intermitent, pe perioade scurte sau mai lungi şi prin dependenţe pentru intervale critice sau îngrijiri speciale.

3. *Handicapul de mobilitate* este definit ca deficitul de abilitate al individului de a se mişca în ambientalul său. Este oarecum o completare a handicapului anterior dar în treptele scalei (0-9) analizează exclusiv doar problema deplasării în spaţiu (normală, redusă, imposibilă, doar în cameră, în casă, afară, cu mijloace de transport comune, numai proprii etc.).

4. *Handicapul ocupaţional* poate fi definit ca pierderea capacităţii individului de a-şi ocupa timpul într-o manieră obişnuită pentru sexul, vârsta, pregătirea sa. Prin „ocupaţie" se înţelege nu numai munca profesională, ci şi activităţile recreaţionale ca şi activităţile organizate de la domiciliu sau în societate, ca şi activităţile de şcolarizare.

Există şi în acest handicap nivele diferite de gravitate (ocupaţii limitate, ocupaţii adaptate restrictive, îngrădite, fără ocupaţii etc.).

5. *Handicapul de integrare socială* reprezintă deteriorarea capacităţii unui individ de a participa şi a menţine relaţii sociale obişnuite, în familie, cu vecinii, prietenii, colegii de şcoală sau serviciu etc. şi, în acest caz, există o gradare a handicapului, mergând până la alienat şi izolat social.

6. *Handicapul economic* se referă la imposibilitatea parţială sau totală de a susţine o activitate economică suficientă pentru satisfacerea nevoilor proprii şi/sau ale familiei. Nivelele de severitate (0-9) sunt denumite „îndestulare economică" şi pleacă de la cei bogaţi şi cu îndestulare completă, până la complet sărac şi inactiv economic.

7. *Alte handicapuri,* grupă hibridă, în care se lasă liberă consemnarea şi altor aspecte de handicap.

*
* *

Clasificarea IDH nu s-a aplicat şi nici nu se va aplica în integralitatea ei probabil nicăieri în lume. Important nu este neapărat să înşirăm o serie de coduri în fişa unui bolnav, ci să înţelegem importanţa evaluării complete şi complexe a unui pacient.

Deşi cum arătam, în ultimii 2-3 ani, au mai apărut alte 2 clasificări: faptul important al clasificării IDH este modul complet deosebit în care se gândeşte asupra bolnavului cronic şi posttraumatic. Ideile şi termenii acestei clasificări s-au răspândit peste tot fiind interpretaţi în acelaşi mod.

Vom continua cu prezentarea pe scurt a celorlalte 2 clasificări, subliniind deosebirile, deoarece noţiunile de „impairment" şi „disability" au rămas neschimbate.

11.6.2. *Clasificarea a 2-a*

Clasificarea internaţională a funcţionării şi disfuncţiei *(International classification of functioning and disability).*

Apărută în iulie 1999 sub formă experimentală, această clasificare propune de la început o altă terminologie, dar pe fondul aceleiaşi structuri ca cea veche.

Clasificarea are 3 capitole:

1. Funcţia corpului şi structura lui (cu indicativul B – de la *body*).
2. Activităţi (cu indicativul A).
3. Participare (cu indicativul P).

Capitolul 1 corespunde capitolului „Invaliditäţi", dar creează 2 subcategorii de codificări:

a) pentru funcţiile sistemului organismului;

b) pentru structura corpului.

Separă deci invaliditäţile anatomice, structurale, de cele fiziologice sau psihologice.

Exemple:

Tipul de invaliditate care se referă la sistemul nervos (tipul 1) codifică în subcategoria „structura corpului" tot ce reprezintă invaliditäţi anatomo-structurale ale s.n.

În subcategoria „funcţiile corpului" tipul 1 de invaliditate poartă numele „funcţiile mintale".

Există 8 tipuri de invaliditäţi, puţin modificate ca titulatură faţă de clasificarea IDH.

Acestea sunt:

1. Sistemul nervos
2. Ochiul, urechea şi structurile corelate
3. Vocea, vorbitul
4. Sistemul cardiovascular, respirator şi imunitar
5. Sistemul digestiv, metabolism şi endocrin
6. Sistemul genitourinar
7. Sistemul muscular, articular, osos
8. Pielea şi anexele

Aceste 8 tipuri sunt codate ca structuri şi separat ca funcţii.

Clasificarea prezintă şi o scală pentru aprecierea gradului infirmităţii.

0 = fără infirmitate 0-4%
1 = uşoară infirmitate 5-24%
2 = moderată infirmitate 25-49%
3 = severă infirmitate 50-95%
4 = completă infirmitate 96-100%

Această scală se aplică atât componentei structurale, cât şi celei funcţionale. Procentajul arată într-un mod cuantificat gradul de mărime a respectivei invaliditäţi din normalitatea structurii anatomice sau a funcţiei respective.

Capitolul 2 intitulat **„Activităţi"** se referă la „performarea unei acţiuni, a unei activităţi de către individ".

După cum codificarea din capitolul 1 se referea la suferinţa de organ (anatomică şi/sau funcţională aşa cum se poate vedea în cele 8 tipuri de invaliditate de mai sus) „activităţile" codifică limitarea, incapacitatea de performare a unei acţiuni, deci se referă la nivel de individ ca şi disability din clasificarea IDH.

Şi în „activităţi" sunt codificate 8 tipuri:

1. Activităţi de învăţare şi aplicare a cunoştinţelor.
2. Activităţi de comunicare.
3. Activităţi de mişcare (şi posturale).
4. Activităţi de mişcare în mediu (mers).
5. Activităţi de autoîngrijire.
6. Activităţi domestice.
7. Activităţi ce se stabilesc între persoane.
8. Activităţi majore pentru viaţă (particulare).

Deşi denumite astfel cele 8 categorii de activităţi se regăsesc în totalitate în cele 8 categorii ale „Incapacităţilor" în clasificarea IDH.

Activităţile beneficiază de 2 scale de apreciere graduală a performanţei. Prima scală cuantifică gradul de dificultate în îndeplinirea activităţii respective. Această scală este asemănătoare scalelor capitolului 1.

Deoarece această scală a incapacităţii nu ia în considerare eventualele utilizări ale aparatelor, instalaţiilor, pieselor de ajutor, s-a creat o a doua scală care apreciază tocmai valoarea acestor ajutoare pentru activitatea bolnavului.

0 = nu este necesară vreo asistare;

1 = fără ajutorul vreunei persoane dar cu ajutorul unor orteze, aparate, instrumente, echipamente;

2 = necesită ajutor din partea unei persoane, de la supraveghere până la ajutor fizic;

3 = necesită prezenţa permanentă a unei persoane şi a unor aparate, instalaţii etc.

Capitolul 3, intitulat **„Participare"**, este o încercare a acestei clasificări de a crea un sistem de codificare a „implicării individului" în contextul situaţiilor de viaţă în relaţie cu:

– condiţiile de sănătate;
– structurile şi funcţiile corpului;
– activităţile desfăşurate;
– factori contextuali.

Se codifică de fapt *„Restricţiile în participare"* dificultăţi în implicarea individului.

Din acest motiv, scala de apreciere a nivelului de participare se face pe gradul de restricţie.

0 = fără restricţii 0-4%
1 = restricţii uşoare 5-24%
2 = restricţii medii 25-49%
3 = restricţii severe 50-95%
4 = restricţii totale 96-100%

Introducerea în clasificarea OMS din 1999 a acestui capitol cu scoaterea handicapului a fost o încercare, cred că nereuşită (de altfel în următoarea clasificare a fost schimbat), creând chiar confuzii. Poate ideea a fost interesantă, dar nu s-a putut concretiza în textele de codificare. Noţiunea de

„participare" s-a dorit o codificare a problemelor de viaţă în care ar fi angrenat individul.

Spre exemplu „participarea la nutriţia lui" ca problemă complexă cu multe implicaţii şi care nu este acelaşi lucru cu acţiunea „de a mânca" (care este o „activitate"). Un alt exemplu din tipul de participare în relaţii sociale: activitatea de învăţare ca profesor este considerată în codificarea de participare sub aspectul relaţiilor formale între profesor-student, profesor-asistent etc.

Iată care sunt cele 9 titluri ale „Participării":

1. Participare la îngrijirea personală
2. Participare la mobilitate
3. Participare la schimbul de informaţii
4. Participare la relaţii sociale
5. Participare la viaţă casnică şi ajutorarea altora
6. Participare la educaţie
7. Participare la muncă şi serviciu
8. Participare la viaţă economică
9. Participare în comunitate, la viaţa socială şi civică.

Desigur că fiecare tip de participare are în cadrul codificării subgrupe cu o serie de variante ale activităţii umane subînţelese ca participare la viaţa reală obişnuită a unui individ.

Ceea ce introduce efectiv ca noutate clasificarea OMS din 1999 este prezentarea unui al 4-lea capitol, intitulat **„factorii mediului înconjurător"**.

Clasificarea pleacă de la o realitate şi anume rolul factorilor ambientali asupra noastră şi mai ales a pacienţilor cu boli cronice, factori care pot agrava sau, din contră, facilita performanţele unui individ.

Sunt luaţi în considerare factorii fizici ai mediului, factorii sociali, factori de atitudine comportamentală a celor din jur, factorii concreţi din ambientalul imediat.

Scala de aprecieri este o scală negativă continuată cu una pozitivă de apreciere a barierelor sau facilitărilor create de mediul ambiental pentru activitatea şi viaţa indivizilor.

-0 = fără bariere	0-4%
-1 = bariere slabe (uşoare)	5-24%
-2 = bariere medii	25-49%
-3 = bariere mari, severe	50-95%
-4 = bariere totale	96-100%
+0 = fără facilităţi	0-4%
+1 = cu facilităţi uşoare	5-24%
+2 = cu facilităţi medii	25-49%
+3 = cu facilităţi importante (mari)	50-95%
+4 = cu facilităţi complete (totale)	96-100%

În cadrul acestui capitol al factorilor de mediu, aceştia sunt clasificaţi pe 6 tipuri.

Aceste tipuri sunt:

1. *Produse şi tehnologie*

Este vorba de totalitatea obiectelor, produselor, tehnicilor, echipamentelor utilizabile de un individ pentru activitatea şi viaţa lui obişnuită. De la alimente, haine, mobilă, până la aparate mecanice, electronice de comunicare şi transport, produse tehnice pentru relaxare-divertisment, ca şi pentru cult etc.

2. *Mediul natural şi schimbările realizate de om*

Acest tip reprezintă un grupaj de stări şi evenimente ale mediului fizic geografic natural (factori climatici, relief, vegetaţie, faună, lumină etc.), calamităţi (inundaţii, înzăpezire, război etc.) şi schimbări aduse de om: poluare aer-apă-zgomot etc.

3. *Susţinere şi înrudiri (relaţii)*

Cuprinde totalitatea relaţiilor pe care le stabileşte un individ în familie, în societate, la muncă, în şcoli, cu animale de casă etc.

4. *Atitudini, valori şi credinţe*

Reprezintă o categorie mai elevată cu referiri la aspecte conceptuale, sociale, culturale, economice, politice etc., la aspecte estetice, morale, religioase etc.

5. *Servicii*

Cuprinde grupate totalitatea activităţilor de muncă, în care poate fi angajat un individ.

Rolul acestei liste este de a evidenţia, posibilele bariere sau din contră facilitări în cadrul respectivei activităţi lucrative.

6. *Ordine şi legalitate*

Ultimul subcapitol din cel de-al 4-lea capitol al clasificării din 1999, „factorii mediului înconjurător" se referă la existenţa legilor şi ordinelor sub care trăieşte un individ într-o ţară fiind obligat să le respecte. Această legislaţie care face parte din mediul lui ambiental poate avea pentru el ca deficient aspecte pozitive sau negative.

Sunt trecute 16 domenii în care legislaţia poate avea influenţă directă asupra individului cu *disability*.

Un exemplu: domeniul arhitecturii. Sunt foarte importante standardele de construcţii pentru un astfel de invalid: înălţimea scărilor, existenţa pantelor de urcare, lărgimea uşilor, tipul instalaţiilor sanitare etc.

Un alt exemplu: domeniul transporturilor. De asemenea, extrem de importante sunt standardele legale pentru construcţia vehiculelor în comun (înălţimea scărilor, deschiderea uşilor cu scări elevatoare) sau particulare (sistemelor de conducere).

* * *

Îmi permit să consider că valoarea acestei clasificări OMS din 1999 este dată de acest al 4-lea capitol suplimentar care tratează sub aspecte aşa de variate problema mediului înconjurător sub impactul căruia trăim cu toţii. Influenţa acestui mediu este resimţită mult mai mult de individul handicapat.

Importanţa acestui capitol rezidă şi în faptul că deschide larg problema necesităţii modificărilor acestui mediu pentru indivizii deficienţi ca modalitate de a contribui (uneori decisiv) la ameliorarea incapacităţii lui.

S-a spus de mult că este mai eficient şi mai ieftin să se coboare scările trenului şi autobuzului decât să se recupereze toţi genunchii cu flexie incompletă.

11.6.3. *Clasificarea a 3-a*

(Clasificarea internaţională a funcţionării, disfuncţiei şi sănătăţii = *„International classification of functioning, disability and health"*)

Clasificare apărută în mai 2001 şi lansată pentru experimentare 2 ani.

Este de fapt o rearanjare a celei de-a 2-a clasificări. Este compusă din 4 capitole.

I. Funcţiile organice
II. Structuri anatomice
III. Activităţi şi participare
IV. Factorii de mediu

Se observă că în această clasificare noţiunile de „invaliditate" din prima clasificare care reprezentau un singur capitol dar cu 2 părţi distincte în cea de-a 2-a clasificare, aici sunt separate complet în 2 capitole, infirmităţile funcţionale şi infirmităţile anatomice structurale.

Grupajele şi codificările din aceste capitole sunt foarte asemănătoare cu cele din clasificarea anterioară.

Sesizându-se dificultăţile de separare în capitolele distincte ale codificărilor pentru „activităţi" şi „participare", această a 3-a clasificare adună în acelaşi capitol (III) de codificare cele 2 aspecte, hotărâre mult mai corectă şi realistă.

Capitolul este format din 9 tipuri pentru codificare.

1. Învăţare şi aplicarea cunoştinţelor
2. Sarcini şi exigenţe generale
3. Comunicaţii
4. Mobilitate
5. Îngrijire personală
6. Viaţă domestică
7. Relaţii şi interacţiuni cu alţii
8. Marile domenii ale vieţii
9. Viaţa comunitară, socială, civică.

După cum se vede după această subcapitolare, capitolul III al clasificării reprezintă realmente o combinare a capitolului „activităţi" şi a celui de „participare" din clasificarea a 2-a.

În sfârşit, clasificarea a 3-a introduce ca un capitol şi nu ca o anexă, problema factorilor mediului ambiental pe care îi preia ca atare din cea de-a 2-a clasificare, din nou o hotărâre corectă şi realistă.

*
* *

În încheierea prezentării clasificărilor OMS în cadrul capitolului asupra *Evaluării* considerăm că este necesar să subliniem încă odată că nu este important să cunoaştem codul x sau y pentru o invaliditate anatomică sau funcţională sau pentru o incapacitate de un fel sau altul, ci să se înţeleagă importanţa gândirii în faţa unui pacient în cadrul evaluării şi diagnosticării lui a realităţilor cuprinse în aceste clasificări. Un program de recuperare corect nu va putea fi alcătuit decât pe baza unei astfel de gândiri.

11.7. *GHIDURI DE EVALUARE A INVALIDITĂŢILOR PERMANENTE*

O problemă deosebit de importantă legată de acest gen de pacienţi este modalitatea de a se stabili un sistem eficient de încadrare a lor în categorii precise de invaliditate în vederea obţinerii drepturilor de asigurare şi securitate socială legale.

Primul astfel de sistem a fost stabilit în 1936 în SUA (sistemul McBride) şi se baza pe legea „compensării muncitorilor" în funcţie de evaluarea infirmităţii pacienţilor.

Preocuparea pentru găsirea unor criterii cât mai pertinente pentru aceste evaluări au existat în permanenţă, accentuându-se în anii '50 când în SUA au apărut mai multe ghiduri pe aceste probleme.

După clasificarea OMS din 1980 care a stabilit definitiv înţelesul noţiunilor de infirmitate-incapacitate-handicap au fost stabilite ghiduri amănunţite de evaluare a invalidităţilor şi incapacităţilor permanente care necesitau asistenţă medicală socială.

Considerăm sistemul de apreciere din aceste ghiduri deosebit de instructiv, motiv pentru care vom prezenta o scurtă secvenţă şi anume pentru „evaluarea membrului inferior" aşa cum este ea descrisă în ghidul american actual al Asociaţiei Medicale Americane: *„Guides to the evaluation of permanent Impairement"* din 1995.

Astfel de evaluări sunt făcute pentru toate segmentele ca şi pentru sistemele şi aparatele corpului.

Ghidul prezintă 3 tipuri de deficienţe cuantificate în procente

a) pentru întreg individul (procentul este scris fără paranteze);
b) pentru întreg membrul inferior (procentul este scris în paranteze curbe);
c) pentru segmentul respectiv (procentul este scris în paranteze drepte).

Raportul între invaliditătile-incapacităţile celor 3 situaţii este:

$$a = b \times 0{,}4$$
$$b = c \times 0{,}7$$

Aprecierea capacităţii funcţionale a membrului inferior se face pe baza următoarelor testări.

1. *Inegalitatea membrelor inferioare*

Diferenţa în cm	*% invaliditate*
0-1,9	0
2-2,9	2-3% (5-9%)
3-3,9	4-5% (10-14%)
4-4,9	6-7 (15-19%)
>5	8% (20%)

2. *Tulburări de mers*

Severitate	*Semnele pacientului*	*% invaliditate*
uşoară	a) şchiopătare antalgică cu scurtarea fazei de sprijin	7%
	b) semnul Trendelenburg pozitiv	10%
	c) idem „a" sau „b" dar utilizează baston (nu şi în casă)	15%
	d) necesită orteză scurtă gleznă-picior	15%
moderată	e) necesită baston permanent sau orteză lungă (gen. gl. picior)	20%
	f) necesită baston permanent plus orteză scurtă	30%
	g) necesită 2 bastoane sau cârje continuu	40%
severă	h) necesită 2 cârje (bastoane) permanent plus orteză scurtă	50%
	i) necesită 2 cârje plus orteză lungă	60%
	j) necesită 2 cârje plus 2 orteze	70%
	k) dependent de scaun cu rotile	80%

3. *Forţă musculară*

A. *Hipotrofia*

Diferenţa în cm a circumferinţei	*Gradul de invaliditate*	*% invaliditate*
a) Coapsa		
0 – 0,9	Nu	0
1 – 1,9	Uşor	1 – 2% (3 – 8%)
2 – 2,9	Moderat	3 – 4% (8 – 13%)
>3	Sever	5% (13%)
b) Gamba		
0 – 0,9	Nu	0
1 – 1,9	Uşor	1 – 2% (3 – 8%)
2 – 2,9	Moderat	3 – 4% (8 – 13%)
>3	Sever	5% (13%)

B. *Forţa*

Grupul muscular	*Grad 0*	*Grad 1*	*Grad 2*	*Grad 3*	*Grad 4*
Şold					
- flexie	6% (15%)	6% (15%)	6% (15%)	4% (10%)	2% (7%)
- extensie	15% (37%)	15% (37%)	15% (37%)	15% (37%)	7% (15%)
- abducţie	25% (62%)	25% (62%)	25% (62%)	15% (27%)	10% (25%)
Genunchi					
- flexie	10% (25%)	10% (25%)	10% (25%)	7% (17%)	5% (12%)
- extensie	10% (25%)	10% (25%)	10% (25%)	7% (17%)	5% (12%)
Gleznă:					
flex.plantară	15% (37%)[53%]				7% (17%)[24%]
flex.dorsală	10% (25%)[35%]				5% (12%)[17%]
inversie	5% (12%)[17%]				2% (5%)[7%]
eversie	5% (12%)[17%]				2% (5%)[7%]
Haluce					
- extensie	3% (7%)[10%]				1% (2%)[3%]
- flexie	5% (12%)[17%]				2% (5%)[7%]

4. *Amplitudinea de mişcare*

Mişcarea	*Uşor*	*Moderat*	*Sever*
Şold	2% (5%)	4% (10%)	8%(20%)
- Flexie	<100°	<80°	<50°
- Extensie	10°-19°(flexie)	20°-29°(flexie)	30°(flexie)
- Rotaţie int.	10°-20°	0°-9°	-
- Rotaţie ext.	20°-30°	0°-19°	-
- Abducţie	15°-25°	5°-14°	<5°
- Adducţie	0°-15°	-	-
Genunchi	4% (10%)	8% (20%)	14% (35%)
- flexie	<110°	<80°	<60° se adaugă 1% (2%) pentru fiecare 10° sub 60°
- varus	2° valg-0°(neutru)	1°-7°(var)	8°-12° se adaugă +1% (2%) pentru fiecare 2° peste 12°
- valgus	10°-12°	13°-15°	16°-20° se adaugă +1% (2%) pentru fiecare 2° peste 20°
Gleznă	3% (7%)[10%]	6% (15%)[21%]	12% (30%)[43%]
- flexie plantară posibilă	11°-20°	1°-10°	nimic
- extensie	10°-0°(neutral)	-	-

Din tabelele de mai sus se desprinde cu uşurinţă ce tipuri de invalidităţi determină incapacităţi mai mari. Se observă astfel, de exemplu, că aceeaşi scădere de forţă a abductorilor şoldului determină o invaliditate de aproape 2 ori mai mare decât scăderea forţei flexorilor sau extensorilor şoldului.

De asemenea, o scădere a flexiei sub 80° a genunchiului este de 2 ori mai disfuncţională decât o aceeaşi pierdere de flexie la nivelul şoldului. Şi exemplele se pot înmulţi.

Un al 2-lea aspect important al acestor tabele este aprecierea gradului de incapacitate pentru întregul organism ca şi pentru membrul inferior respectiv.

Din aceste date se pot extrage cu uşurinţă obiectivele prioritare în programele de recuperare.

De asemenea, se pot face aprecieri corecte asupra gradului de handicap, a profesionalizării şi reprofesionalizării indivizilor, a nevoilor reale de ajutor social.

Capitolul 12

TERAPIA OCUPAŢIONALĂ

12.1. *DEFINIŢII* 471
12.2. *SCURT ISTORIC AL TO* 472
12.3. *PRINCIPII ÎN TERAPIA OCUPAŢIONALĂ* 475
12.4. *METODELE TERAPIEI OCUPAŢIONALE* 480
12.5. *METODOLOGIA DE LUCRU ÎN TO* 490
12.6. *TERAPIA PRIN MUNCĂ* 493
12.7. *MUNCA TRANZIŢIONALĂ* 496
12.8. *ACTIVITĂŢILE VIEŢII ZILNICE (ADL)* 497
12.9. *TERAPIE OCUPAŢIONALĂ ÎN ŞCOLI* 503
12.10. *TERAPIA OCUPAŢIONALĂ LA VÂRSTNICI* 504
12.11. *TERAPIA PRIN MUZICĂ* 505
12.12. *TRANSFERUL PACIENŢILOR* 507
12.13. *ANEXĂ* 510

Nu aş vrea în nici un caz să se considere acest mic capitol că ar putea reprezenta material de studiu pentru cineva care ar dori să-şi însuşească TO sau că acest capitol ar putea dimensiona într-un anumit fel importanţa acestei terapii.

Terapia ocupaţională este o specialitate ca şi kinetologia, iar specialiştii ei urmează o facultate de 4 ani ca şi kinetoterapeuţii. Iar dacă ar fi să prezentăm un raport asupra spaţiilor din centrele medicale în care se desfăşoară activitatea de terapie ocupaţională şi cea de kinetoterapie am găsi rapoarte de 1 la 2 sau chiar mai mari în favoarea terapiei ocupaţionale. În plus, terapia ocupaţională reprezintă în prezent peste 50% din metodele asistenţei de recuperare medicală.

Dacă totuşi m-am decis să scriu acest capitol am făcut-o din mai multe motive:

– În ţara noastră nu există această specialitate nici în nomenclatorul de specialităţi şi nu există nici unităţi de învăţământ specializate în acest domeniu. Nu este cazul să comentăm această realitate căci ar trebui să concluzionăm asupra inadmisibilei noastre lipse de orientare medicală modernă şi eficientă.

– De 2 ani, în lipsa posibilităţii de formare a specialiştilor în TO, la Facultatea de Kinetoterapie din Oradea s-au organizat cursuri de studii aprofundate pentru kinetoterapeuţi, pe durată de 1 an în TO. În acest fel, se speră să se creeze un nucleu de kinetoterapeuţi cu o pregătire generală în TO care ar putea fi oricând utilizaţi la demararea învăţământului şi practicii acestei terapii extraordinar de importante.

– În ultimul timp există o tendinţă de interferenţă între TO şi medicina fizică, în speţă kinetoterapia aşa cum se va discuta în cursul capitolului. Se constată preluări bilaterale de activităţi până de curând specifice unuia sau altuia dintre domenii. Aceasta nu înseamnă că cele două specialităţi îşi pierd personalitatea, specificul, având tendinţă de contopire. În această idee credem că aşa cum terapistul ocupaţional primeşte în cursul şcolarizării multe şi variate informaţii kinetoterapeutice, tot astfel şi kinetoterapeutul trebuie să ştie şi să aplice la nevoie elemente terapeutice ale TO.

– În planul de învăţământ al kinetoterapeutului de câţiva ani a fost introdus un curs de informare în TO. Cu publicarea acestui capitol în prezenta monografie sper să contribui cu material bibliografic pentru acest curs şi eventual pentru absolvenţi, reprezentând un ghid orientativ pentru a permite celor interesaţi să găsească un drum mai rapid spre abordarea metodelor TO.

– Acest capitol mai urmăreşte, şi nu în ultimul rând, să trezească interesul pentru TO devenind punct de plecare pentru preocuparea de a introduce şi în ţara noastră această specialitate şi terapie.

12.1. *DEFINIŢII*

Cred că există puţine noţiuni care să se bucure de atâtea definiţii ca terapia ocupaţională. Explicaţia probabil rezidă atât în importanţa care i se acordă, precum şi elementelor considerate în mod diferit ca definitorii pentru această terapie.

Vom prezenta succesiv câteva din cele mai reprezentative definiţii.

Vom începe cu definiţia „oficială" dată de AOTA *(American Occupational Therapy Association):* „Terapia ocupaţională este forma de tratament care foloseşte activităţi şi metode specifice, pentru a dezvolta, ameliora sau reface capacitatea de a desfăşura activităţile necesare vieţii individului, de a compensa disfuncţii şi de a diminua deficienţe fizice".

Iată însă şi alte definiţii:

- terapia ocupaţională este o profesie care ajută o persoană cu incapacitate să-şi câştige potenţialul maxim pentru independenţă şi productivitate în propria viaţă;
- terapia ocupaţională îndrumă indivizii să se ajute singuri, să facă ce *trebuie* (ce este necesar) cu *ce pot;*
- terapia ocupaţională este arta practică de a promova independenţa funcţională prin utilizarea activităţilor vieţii zilnice şi/sau modificând echipamentul sau mediul, când este necesar, pentru acelaşi scop;
- terapia ocupaţională foloseşte „activităţi" pentru creşterea şi restaurarea stării fizice şi psihice ale unei persoane la nivel funcţional necesar vieţii cotidiene;
- terapia ocupaţională este terapia care ajută o persoană să se adapteze mediului sau adaptează mediul pentru nevoile unei persoane astfel încât aceasta să devină capabilă să-şi desfăşoare viaţa cu demnitate şi autorespect;

• terapia ocupaţională este o profesie pentru sănătate care contribuie la independenţa fizică şi emoţională ca şi la starea de bine a individului ce se realizează prin utilizarea unor activităţi selectate;

• terapia ocupaţională promovează calitatea vieţii restaurând, reîntărind şi crescând participarea indivizilor la activităţile necesare vieţii.

Din toate aceste definiţii şi multe altele cu acelaşi aspect un lucru reiese evident. TO este în fond o *„terapie funcţională"* urmărind să aducă pacientul la cel mai înalt nivel funcţional posibil pentru toate activităţile vieţii lui. Acest obiectiv îl realizează prin 3 direcţii de lucru:

1. Adaptând activităţile individului în aşa fel încât *„să facă"* ce ar trebui *„cu ce poate"*.

Ex.:

– îl învaţă cum să meargă cu sprijin în cârje, când are un picior amputat;

– îl învaţă cum să-şi pregătească cafeaua şi micul dejun lucrând numai cu o mână, cealaltă fiind paralizată;

– etc.

2. Adaptând mediul înconjurător la deficitul funcţional al pacientului.

Ex.:

– înlocuind scara la apartament cu un plan înclinat pentru scaunul cu rotile;

– înlocuind bateria de la baie cu manete pentru a putea închide şi deschide apa când face baie;

– etc.

3. Adaptând maniera unei persoane de a realiza o sarcină, un scop lucrativ.

Ex.:

– tonifică muşchii pensei tripulpare pentru a permite individului să scrie;

– măreşte unghiul de flexie al şoldurilor pentru a-i permite să stea pe scaun;

– etc.

Se poate observa că toată acţiunea TO se subordonează unui obiectiv funcţional lucrativ la care trebuie să ajungă pacientul.

12.2. SCURT ISTORIC AL TO

Rădăcinile istorice ale TO se află în aşa-numita *„terapie morală umanitaristă"* de la începutul secolului al XIX-lea, terapie bazată pe filosofia umanitaristă.

Promotorii „terapiei morale" au fost medicii Philippe Pinel din Franţa şi Samuel Tuke din Anglia, terapie aplicată în psihiatrie. „Tratamentul moral" ca filosofie cuprindea respectul pentru individualitatea umană acceptând unicitatea minte/corp. Ca terapie, se considera că prin participarea psihicilor la

diverse activităţi se realiza o adaptare la mediu, o recuperare a bolnavilor mintali.

Era o nouă atitudine faţă de aceşti pacienţi care de-a lungul secolelor, în ospicii, erau consideraţi mai aproape de animale şi trataţi ca atare, fiind incurabili. Tratamentul moral nu accepta ideea incurabilităţii psihicilor.

Conceptul „tratamentului moral" trece repede din Europa în America unde este dezvoltat de medicii Benjamin Rush, Amariah Brigham şi Thomas Story Kirkbride care definesc acest tratament ca „angajarea minţii în exerciţiul corpului". Pacienţii erau angrenaţi în rutina vieţii zilnice, activităţi şi ocupaţii, muncă şi divertisment.

Bolnavii erau supuşi la tot felul de activităţi lucrative: grădinărit, ţesut, tâmplărie, arte mecanice, dar şi pictat, gravat, citit, scris, precum şi popice, tras cu arcul etc. Un accent deosebit se punea pe realizarea unor activităţi ritmate, cum erau legănatul, călăritul, mersul, alergatul etc.

Toate activităţile de mai sus îndeplineau obligatoriu 2 condiţii: să se execute *regulat* şi *ordonat*. Deci, principiul de bază era organizarea timpului prin activităţi ordonate cu regularitate de metronom, dar cu o cât mai mare diversitate de ocupaţii.

După războiul civil american „tratamentul moral" decade, cheltuielile devenind prea mari (se înfiinţaseră foarte multe ospicii). Pe de altă parte urbanizarea şi industrializarea schimbă patologia spre cea cronică şi posttraumatică, necesitând spitale care cer şi ele cheltuieli. Toate aceste schimbări fac să evolueze şi conceptul „terapiei morale" spre conceptul „mişcării prin arte şi meserii" în fond nimic altceva decât preluarea de la vechiul concept al activităţilor lucrative ordonate şi aplicarea lor cu scop terapeutic şi la pacienţii cu deficite fizice nu numai psihici.

Promotorii noului concept de la cumpăna secolelor 19 şi 20 au fost John Ruskin şi William Morris, englezi, dar nici unul medic (primul filosof, al doilea arhitect).

Ei spuneau: „munca meseriilor ameliorează starea de sănătate psihică şi fizică prin exerciţiu, iar arta prin satisfacţia realizată de propria creaţie artistică are deosebită importanţă asupra psihicului".

Pornind de la conceptul *„mişcării prin arte şi meserii"*, americanul F.C. Reid creează termenul de ***„ergoterapie"***, adică terapie prin muncă (cum de fapt şi fusese în cea mai mare parte tratamentul moral).

La un scurt interval după apariţia termenului de ergoterapie al lui Reid, în 1914, George Edward Barton (arhitect care apoi a urmat medicina) deschide „Casa de Consolare" în New York pentru tratarea bolnavilor şi deficienţilor prin munci manuale, punând astfel bazele terapiei ocupaţionale şi înlocuind denumirea dată de Reid unei astfel de terapii.

Pentru Europa schimbarea denumirii a fost prea târzie, căci termenul de ergoterapie fusese adoptat de francezi (care l-au considerat creaţia lor şi l-au menţinut până în prezent). De la francezi l-am luat şi noi şi alte ţări.

Formal, terapia ocupaţională a luat fiinţă în 1917, martie, în Clifton Springs statul New York unde a avut loc primul Congres al *Societăţii Naţionale pentru Promovarea Terapiei Ocupaţionale.*

Primul război mondial găseşte conceptul de TO implementat ce va fi folosit pentru zecile de mii de invalizi internaţi în spitalele militare. Pentru tratarea acestora prin TO se organizează pentru prima dată cursuri de pregătire a unui corp de femei, care se vor ocupa de aceşti deficienţi fizici, organizându-le activităţi ocupaţionale terapeutice. Se lansează pentru prima dată ideea importanţei evaluării funcţionale (determinarea amplitudinii de mişcare articulară, forţa musculară, posturarea, acţiunea complexă a segmentelor etc.) şi tot atunci se dezvoltă procesul de atelare, ortezare, confecţionare de piese ajutătoare pentru viaţa pacienţilor etc.

Lozinca la ordinea zilei era: „restaurarea funcţională cât mai completă"!! Conceptul era: „să se ajute fiecare pacient să se regăsească şi să funcţioneze din nou ca un om complet: fizic, psihic, social-educaţional-economic".

După război, TO a intrat foarte puţin în lumea medicală civilă datorită lipsei unui personal pregătit.

În 1923, Societatea Naţională pentru Promovarea TO se transformă în Asociaţia Americană de Terapie Ocupaţională (AOTA), atotputernică în prezent în SUA.

AOTA pune bazele şi învăţământului în specialitate, promovează literatura de specialitate.

Tot acest avânt se prăbuşeşte în 1930 când apare marea criză financiară în SUA. Se închid spitale şi serviciile de TO care erau destul de costisitoare.

Redresarea va începe după cel de-al doilea război mondial când necesităţile de recuperare a răniţilor devin din nou prioritare. Apar peste tot programe de TO prin activităţi lucrative, prin amenajări pentru activităţile vieţii zilnice (ADL-urile), se dezvoltă ortezarea şi protezarea.

În 1947 apare primul tratat de TO: „Principii în terapia ocupaţională", autori Willard şi Spackman.

Anii '40 reprezintă din punctul de vedere al TO un moment de intense discuţii cu privire la fondul „filosofic" al acestei terapii.

Pe de o parte, concepţia „holistică", integrativă a organismului ca un tot (corp-psihic), o reîntoarcere la amprenta umanistică.

Pe de altă parte, concepţia „reducţionistă", tehnologică pură care urmăreşte procurarea şi utilizarea a tot felul de echipamente şi mijloace tehnice pentru a câştiga cât mai multe abilităţi clinice, dezvoltând mult ortezarea şi protezarea.

Ambele concepţii se apropie una de cealaltă tot mai mult, în aşa fel încât din decada '60 se poate vorbi de o revenire la umanism prin conceptul holistic, dar fără să se renunţe la dezvoltarea tehnologică.

În ultimele decenii TO se dezvoltă enorm în SUA, oferind metodologia de bază în asistenţa de recuperare. Facultăţile de TO se înmulţesc, aproape fiecare Universitate americană având o astfel de facultate.

AOTA ca organizaţie devine foarte puternică dictând statutul specialităţii, metodologiile utilizate, domeniile de patologie acceptate etc.

În acest capitol se vor prezenta câteva noţiuni de bază ale TO mai ales sub viziunea AOTA.

Terapia ocupaţională în Europa a parcurs foarte greu calea ascendentă de peste ocean. Europenii au rămas cantonaţi doar în tehnicile de ergoterapie fără a urmări un concept medical integrativ. De altfel, prima şcoală de TO a apărut în Amsterdam în 1954, iar ca profesie TO a fost recunoscută tot în Olanda, de abia în 1981.

Se constată însă în ultimii 10-15 ani un efort concertat de a stimula apariţia în toate ţările europene a TO ca specialitate şi profesie cu şcolarizare adecvată şi cu baze corespunzătoare.

Ţara noastră se plasează, cum arătam, printre ţările care nu au nici în nomenclatorul de profesii o astfel de specialitate. Este adevărat însă că avem o tradiţie destul de bună de ergoterapie la bolnavii psihici dezvoltată încă în perioada dintre cele două războaie. Oarecari tendinţe de ergoterapie şi pentru deficienţii fizici există de 3-4 decenii, organizate de Expertiza Capacităţii de Muncă şi Recuperare Profesională, dar având obiectiv vocaţional de profesionalizare şi reprofesionalizare.

Aşa cum mai arătam, în anii universitari 1999-2000 şi 2000-2001, Facultatea de Kinetoterapie de la Oradea a obţinut avizul Ministerului Educaţiei de a organiza cursuri de pregătire aprofundată de Terapie Ocupaţională cu durată de 1 an pentru absolvenţii de kinetoterapie cu vechime de cel puţin 3 ani. În aceşti doi ani, au absolvit circa 20 de cursanţi care deţin o diplomă de terapişti ocupaţionali.

De menţionat că în 1999 a apărut prima carte românească de TO la Editura Universităţii din Oradea („Terapie Ocupaţională pentru bolnavii cu deficienţe fizice"), autori Dr. Daiana şi Virgil Popa.

12.3. *PRINCIPII ÎN TERAPIA OCUPAŢIONALĂ*

Noţiunea de „ocupaţie" nu trebuie înţeleasă ca referindu-se strict la munca propriu-zisă, la serviciul pe care îl are un individ.

Termenul de „ocupaţie" ca apelativ al acestei terapii se referă la „o sumă de activităţi din cele mai variate domenii pe care individul le realizează în cursul zilei şi care dau înţeles vieţii lui". Astfel de activităţi ocupaţionale sunt:

– autoîngrijirea zilnică (igiena personală, hrana, îmbrăcatul, mobilizarea-transportul etc.);
– munca, ca angajat, sau munca organizată de el;
– activităţile educaţionale (şcolarizare);
– activităţi de divertisment în timpul liber (jocuri, sport, excursii etc.);
– hobby-uri diverse;
– alte activităţi.

TO şi-a complexat mereu activităţile, iar astăzi orice serviciu de TO trebuie să ofere:

a) Evaluări clare ale capacităţii funcţionale ale individului, ale performanţelor lui.

b) Evaluări ale mediului de viaţă, acasă şi la locul de muncă.

c) Programe de asistenţă terapeutică (sau recuperatorie) cu metode şi metodologie specifică, dar şi metode ajutătoare.

d) Recomandarea şi antrenarea pacienţilor în utilizarea unor echipamente adaptative care înlocuiesc sau ajută funcţiile pierdute.

e) Educaţia (instruirea) familiei şi îngrijitorilor asupra modului de ajutor pe care trebuie să-l dea pacienţilor.

f) Sprijinul şi asistarea efectelor emoţionale, sociale, cognitive, determinate de boli şi traumatisme.

g) Cunoştinţele asupra creşterii şi dezvoltării copilului şi tânărului, precum şi a perturbărilor mai tardive determinate de abateri de la dezvoltarea normală.

De metodele TO beneficiază foarte multe categorii de bolnavi:

– bolnavi neurologici (leziuni cerebrale, medulare, sclerozã multiplă, parkinson etc.);

– bolnavi cu afectări articulare (artropatii cronice inflamatorii sau degenerative etc.);

– sechelari posttraumatici (de muncă, sport, transport etc.);

– bolnavi cardiopulmonari (coronarieni, bronhopulmonari);

– bolnavi cu probleme de sănătate mintală, de comportament, de cogniţie;

– bolnavi cu afecţiuni senzoriale (văz, vestibulare etc.);

– amputaţi;

– arşi;

– pacienţi cu probleme speciale: drogaţi, alcoolici, abuzuri alimentare etc.

Vârsta nu reprezintă element de limitare a aplicării TO. Din contră, copiii şi vârsta a 3-a sunt categorii importante pentru TO. La copii, mai ales tulburările de dezvoltare psihomotorie, iar la vârstnici sindromul de decondiţionare.

Se observă cu uşurinţă varietatea problemelor medicale pe care TO le are în obiectiv. Este de înţeles desigur de ce TO şi-a dezvoltat continuu spaţiile de lucru în unităţile medicale devenind pe departe predominantă faţă de celelalte terapii angrenate în recuperare.

Ceva mai mult, în ultimii ani, se constată că şi o serie de pacienţi cu boli acute sunt trimişi spre TO. Este o tendinţă care creează o serie de probleme pe care AOTA le-a semnalizat, în primul rând legate de structura metodelor şi metodologiilor terapeutice care nu mai pot fi „pure“ aşa cum se va discuta ceva mai departe.

În practica TO se pot desprinde 3 preocupări esenţiale:

1. Evaluarea
2. Tratamentul
3. Consultanţa.

Primele două sunt principalele activităţi.

Evaluarea, aşa cum mai arătam, s-a dezvoltat mai mult decât în oricare altă specialitate căci nu s-a rezumat doar la evaluarea propriu-zisă a pacientului pe cele 3 criterii (infirmitate, incapacitate, handicap, vezi capitolul despre „Evaluare“), ci a preluat şi evaluarea mediului ambiental al pacientului şi chiar a celui de muncă sau al celui de şcolarizare, agrement etc., într-un cuvânt evaluarea mediului de viaţă al pacientului în diversele lui momente.

Pentru terapistul ocupaţional, evaluarea stă la baza gândirii lui în alcătuirea programului terapeutic, iar reevaluările în modificările succesive ale acestui program, precum şi în aprecierea corectă şi pragmatică a rezultatelor obţinute.

Tratamentul este desigur aplicarea principiilor şi metodelor specifice ale TO în asistenţa pacienţilor.

Împreună cu evaluarea formează un tot unitar.

Consultanţa *(consulting),* o componentă mai particulară, se referă la capacitatea terapiştilor de a oferi o serie de indicaţii, sfaturi, programe etc. persoanelor şi instituţiilor din jurul pacienţilor în scopul creării de oportunităţi de diverse aspecte pentru ca aceştia să-şi poată desfăşura o viaţă cât mai completă sub raport fizic şi psihic.

În principiu, asistenţa de terapie ocupaţională se desfăşoară în două etape diferite.

Etapa 1, etapa primului contact cu bolnavul, se referă la primirea bolnavului şi evaluarea lui. Bolnavul este primit pe baza unei trimiteri. În SUA trimiterile pot fi făcute de diferite persoane: medic, alt practician medical, profesorul de la şcoală sau conducerea şcolii, familie sau îngrijitorul bolnavului, compania de asigurări, întreprinderea unde lucrează, diverse alte agenţii ale statului şi bineînţeles pacientul însuşi se poate prezenta din proprie iniţiativă.

Nu vom deschide aici o discuţie asupra a ceea ce este bine şi ceea ce este rău în această „largheţe“ de trimiteri. Cred că cititorii acestui capitol pot aprecia singuri acest aspect.

Evaluarea pacientului, element primordial al TO aşa cum arătam, se realizează prin interviu, observaţie atentă clinică, testare clinică, alte testări instrumentale.

De obicei, la această evaluare ia parte şi familia, îngrijitorul, profesorul etc. adică şi alte persoane care cunosc bine comportamentul şi calităţile funcţionale de viaţă ale pacientului.

Prin evaluarea pe care o face, terapistul trebuie să-şi lămurească câteva aspecte, şi anume:

a) care este istoria bolii;

b) care sunt nivelele funcţionale prioritare de muncă, de activităţi zilnice (ADL-uri) de agrement ale pacientului (asupra acestui punct se va reveni pe larg ceva mai departe);

c) care sunt ocupaţiile (în sensul discutat mai înainte), sarcinile, activităţile care pot şi nu pot fi performate;

d) ce necesităţi, proiecte de viaţă, obiective ale pacientului şi familiei există;

e) modalităţi de participare la ocupaţii adecvate (cunoscute);

f) ce potenţial de recuperare are pacientul;

g) ce componente ale performanţelor sunt la baza limitării performanţelor funcţionale;

h) care sunt factorii contextuali care afectează (sau ar putea favoriza) performanţa ocupaţională (ex. Aspecte ale sănătăţii generale, mediul de viaţă fizic sau social, vârsta, sexul etc.).

Toate aceste aspecte trebuie depistate, analizate înlistate de către terapeut pentru a se putea trece în etapa a 2-a. Aş dori să atrag atenţia asupra problemelor de mai sus. Se poate observa că nu a apărut deloc noţiunea de „diagnostic", de boală.

Păstrând o limită decentă a unei astfel de afirmaţii „terapia ocupaţională nu este interesată şi nici nu tratează boala". TO este interesată doar de faptul că un individ nu-şi poate realiza activităţile dorite şi necesare, ocupaţii obişnuite pentru o persoană de vârsta, sexul şi pregătirea ei.

Un individ cu dificultăţi la mers poate să le aibă datorită unei multitudini de boli. TO apreciază tipul deficitului pe care caută să-l reducă sau să-l compenseze ca mersul să poată fi reluat în indiferent ce modalitate.

Etapa a 2-a este etapa de asistenţă propriu-zisă şi este formată din 3 părţi:

1. ***Alcătuirea planului de asistenţă*** pe baza informaţiilor culese din etapa 1. Planul terapeutic este rezultatul discuţiilor şi colaborării între terapeut, pacient (când este posibil), familie, îngrijitorul pacientului sau/şi persoanele care au făcut trimiterea pacientului spre TO. Se va vedea ceva mai departe importanţa în aplicarea diverselor părţi ale programului de asistenţă a tuturor acestor persoane din mediul de viaţă şi muncă al pacientului. Planul are prevederi precise nu numai asupra metodelor de lucru dar se fixează termene pentru diverse obiective. În general, se notează obiectivele pe termen scurt şi cele pe termen lung până în final.

2. Partea a doua este ***implementarea planului de lucru*** urmărindu-se:

– remedierea proceselor disfuncţionale modificând aspecte comportamentale, antrenând abilităţi, corectând procese fiziologice, psihologice etc.;

– realizarea unor compensări sau adaptări fie prin modificarea schemelor de acţiune, fie prin crearea de adaptări ale mediului, fie prin reorientarea obiectivelor de viaţă etc.;

– continua preocupare de a preveni tendinţa de creştere a disfuncţiilor;

– promovarea unei stări generale de sănătate cât mai bună.

Aplicarea planului de lucru implică obligatoriu *reevaluarea,* adică:

- aprecierea progresului obiectivelor propuse la termenele stabilite;
- modificarea acestor obiective şi termene când este necesar;
- schimbarea metodelor utilizate sau adăugarea unora noi.

3. Partea a 3-a este ***descărcarea/continuarea.*** Întreg programul terapeutic se opreşte când:

– Scopurile propuse au fost atinse;

– S-a obţinut un platou al rezultatelor pozitive de la care nu se mai constată nici un progres;

– Continuarea programului nu mai este posibilă datorită apariţiei unor complicaţii;

– Elementele de terapie ocupaţională pot fi continuate la domiciliu;

– Întreruperea programului este cerută de pacient sau de familie.

În toate aceste situaţii, terapeutul va face închiderea programului cu evaluarea finală, concluziile şi indicaţiile de viitor. Acest moment poartă numele de „descărcare" *(discharge)* şi el încheie orice responsabilitate a terapeutului.

Există şi situaţii în care, deşi s-a ajuns la termenele finale propuse, se consideră că trebuie continuat programul de terapie ocupaţională. Motive sunt multiple: evoluţie favorabilă cu perspective şi mai bune, schimbări în viaţa pacientului, schimbări în locul de muncă sau de şcolarizare, apariţia de tehnologii noi, dorinţa pacientului sau/şi a familiei etc.

Continuarea poate fi în aceleaşi baze de TO, în altele sau la nivelul şcolii, locului de muncă (aspecte care se vor discuta spre sfârşitul acestui capitol).

Înainte de a trece la descrierea metodelor specifice ale TO, să rezumăm prin intermediul câtorva întrebări aspectele de bază ale TO.

A. *Ce oferă TO?*

– Evaluarea complexă a stării pacientului şi aplicarea unei asistenţe specifice;

– Dezvoltă, ameliorează, susţine sau reface abilităţile fizice pentru viaţa zilnică (ADL), pentru muncă sau activităţi productive, pentru activităţi de vacanţă şi distracţie;

– Dezvoltă, restaurează performanţele sensitivo-sensoriale, cognitive sau psihosociale;

– Identifică şi facilitează angajarea pacientului în ocupaţii sănătoase, lipsite de factori de risc;

– Educă pacientul, familia, îngrijitorul sau alte persoane în realizarea intervenţiilor posibile de asistare-ajutorare a pacientului;

– Consultă grupuri, organizaţii, instituţii, programe sau comunităţi pentru a putea propune şi furniza servicii pacienţilor. Deci, având şi un rol vocaţional.

B. *Cum se realizează această ofertă?*

– Utilizarea terapeutică de ocupaţii adecvate;

– Adaptarea mediului şi a acţiunilor la mediu pentru a mări performanţa funcţională;

– Promovarea „stării de bine", de sănătate prin angajarea pacientului în diverse ocupaţii;

– Conceperea, producerea şi aplicarea unei tehnologii de asistare menită să uşureze viaţa şi activităţile pacientului;

– Aplicarea de procedee fizicale ajutătoare pentru pregătirea sau pentru executarea ocupaţiei prescrise;

– Aplicarea principiilor ergonomice pentru obţinerea performanţelor în ocupaţia prescrisă.

C. *Cine realizează TO?*

Un grup de profesionişti ai sănătăţii (generic denumiţi „terapeuţi") pe primul loc fiind terapistul ocupaţional, ajutat de kinetoterapeut, maseur, fizioterapeut, recuperator vocaţional etc. La acest grup de profesionişti se asociază membrii de familie, îngrijitorul, alte persoane din anturajul pacientului.

D. *Unde se aplică TO?*

În baze speciale de TO din centre, spitale, sanatorii, la domiciliul pacientului, la locul de muncă, în şcoli, în alte comunităţi.

E. *Când se aplică TO?*

La orice vârstă, din copilărie la bătrâneţe.

12.4. *METODELE TERAPIEI OCUPAŢIONALE*

În ultima jumătate de secol, şi chiar mai mult, în ţările europene a fost răspândit conceptul francez de ergoterapie. El pornea de la analiza gestualităţii umane observată în activitatea celor mai variate meserii şi activităţi. Astfel, Delaet şi Lobet, studiind 1300 de meserii, constată că există doar 43 de gesturi diferite în executarea lor, din care 24 sunt ale mâinii. Desigur că aceste gesturi de bază se combină în diverse forme pentru diversele activităţi.

Conceptul francez consideră că există 2 tipuri de ergoterapii: specifică sau analitică şi nespecifică sau globală.

I. ***Ergoterapia (sau TO) specifică*** se adresează direct deficitului funcţional propriu-zis. Astfel, o ocupaţie care urmăreşte remobilizarea cotului după o fractură pentru ca pacientul să se poată hrăni, spăla, pieptăna etc. reprezintă o terapie specifică (analitică).

II. ***Ergoterapia (sau TO) nespecifică, globală*** se adresează prin diverse ocupaţii întregului organism, ca un tot, pentru a-l educa să participe la limitarea consecinţelor deficitului funcţional. Astfel, un bolnav hemiplegic va executa activităţi nu numai cu partea paralizată ci şi cu cea sănătoasă pentru a-şi putea creşte performanţa întregului corp.

Există incontestabil o logică a acestei clasificări a ocupaţiilor din ergoterapie, dar ea a fost abandonată deoarece aceste activităţi sunt clasate sub un alt punct de vedere (vezi mai departe).

Şcoala franceză denumeşte activităţile utilizate în TO ca *„tehnici"*, adică părţi gestuale extrase din ocupaţiile practice umane. Aceste „tehnici" se clasifică astfel:

1. *Tehnici de bază* sunt gestualităţile extrase din următoarele meserii:
   – olărit;
   – prelucrarea lemnului (tâmplărie, dogărie etc.);

   – împletit nuiele, rafie, papură etc.;
   – ţesut la război, gherghef;
   – prelucrarea fierului (feronerie).

De ce aceste activităţi sunt „de bază"? Deoarece se consideră ca fiind cele mai vechi meserii ale omului, orice individ ar avea o aptitudine „naturală" de a le executa, indiferent ce profesie ar avea. Din acest motiv, se consideră că orice serviciu de terapie ocupaţională trebuie să aibă organizată posibilitatea de execuţie a acestor activităţi lucrative.

Trebuie subliniat că nu este vorba de întregul proces de execuţie a meseriei respective, ci de părţi („tehnici") din această meserie. Spre exemplu, olăritul înseamnă:

- fărâmiţarea şi cernerea lutului;
- amestecarea cu apă şi frământarea;
- întinderea lutului şi baterea;
- montajul lutului pe discul rotator;
- modelarea cu degetele, cu palmele;
- gravarea vasului;
- arderea;
- decorarea artistică.

În funcţie de situaţia concretă se va prescrie pacientului 1-2-3 sau toate tehnicile de mai sus, cu sau fără ajutor.

2. *Tehnici complementare,* reprezintă în fond toate celelalte activităţi lucrative utilizate în serviciile de TO, de ergoterapie: marochinărie, cartonaj, tipografie, computer, dactilografie, ambalaj, bucătărie-cofetărie, lăcătuşerie etc. Ca şi la tehnicile de bază este vorba de întreaga gestualitate a respectivelor ocupaţii sau doar părţi ale lor.

3. *Tehnici de readaptare,* foarte importante şi larg utilizate, reprezintă activităţile vieţii zilnice (ADL şi J-ADL) de care va mai fi vorba mai departe.

În această categorie sunt incluse şi echipamentele şi adaptările necesare creşterii performanţelor ale activităţilor zilnice obişnuite.

4. *Tehnici de exprimare* cuprind toate preocupările cu caracter artistic, ca şi cele cu rol de comunicare. Impactul lor asupra psihicului este bine cunoscut şi va mai fi discutat.

Dintre aceste tehnici amintim: desenul, pictura, sculptura, gravura, manipularea marionetelor, muzica, dar şi scrisul, vorbitul, gestica expresivă etc.

Reuşitele artistice ale unui pacient în cadrul terapiei ocupaţionale au ca rezultat creşterea încrederii în sine, în propria capacitate lucrativă.

5. *Tehnici recreative,* frecvent utilizate în pauzele dintre celelalte tehnici. Sunt jocuri distractive: şah, table, ţintar, fotbal de masă, jocuri de cărţi, jocuri de societate etc. Jocurile pot fi adaptate pentru deficitul pacientului (piese mai grele sau mai uşoare, mai voluminoase sau nu etc.).

6. *Tehnici sportive* având şi ele un caracter recreativ, dar şi o specificitate anume. Este vorba fie de jocuri sportive ca atare (badmington, tenis de masă, golf, tras cu arcul, popice, înot, ciclism, cricket, basket etc.) fie

doar părţi gestuale ale acestor jocuri (aruncat la coş, aruncat greutate, sărit etc.). Ultimele două tipuri de tehnici sunt bine primite de pacienţi care dau dovadă de multă complianţă, motiv pentru care sunt şi eficiente.

*
* *

Clasificarea tehnicilor de lucru din TO după modul de mai sus a fost înlocuită azi cu clasificarea AOTA. Desigur că cele 6 categorii de tehnici din clasificarea franceză pot reprezenta oricând o bună orientare în alcătuirea planului de tratament cu atât mai mult cu cât ele pot fi introduse ca subcategorii în clasificarea americană.

Există 3 tipuri de metode de lucru în terapia ocupaţională modernă:

A. Metode esenţiale (semnificative).
B. Metode neesenţiale (nesemnificative).
C. Metode ajutătoare.

A. ***Metodele (activităţile) esenţiale***

Au fost introduse şi teoretizate de Dunton, încă din 1918, care spunea: „ceea ce contează este scopul final al activităţii şi nu activitatea motorie care realizează acest scop, căci prin urmărirea scopului activităţii se obţin rezultate în recuperarea fizică şi mintală, mai rapid şi mai complete".

Activităţile esenţiale au devenit astfel încă din începuturile TO nu numai metode terapeutice în sine, ci şi concept de bază al unui sistem terapeutic. S-a ajuns ca astăzi activităţile esenţiale să reprezinte o adevărată piatră unghiulară a TO.

Aşadar, activităţile semnificative (esenţiale) în mod obligatoriu trebuie să aibă un *scop final*, care trebuie să fie *un produs* concret, util, eventual vandabil.

Când un pacient cu diverse deficienţe de mobilitate articulară este pus să facă o ladă, el va trebui să taie scânduri, să le dea la rindea, să bată cuie, să o vopsească. În tot acest timp atenţia, gândirea lui se îndreaptă numai spre scopul final şi produsul final pe care îl va realiza şi nu cu ce amplitudine şi-a mişcat umărul sau cotul, ce performanţă au dezvoltat muşchii lui etc. Absorbit în munca sa, pacientul îşi va utiliza membrele în mod natural, automat, cu mai puţin efort, oboseala va apărea mult mai târziu, ceea ce permite o durată mult mai lungă a activităţii fizice. În plus, pacientul va descoperi spontan şi involuntar compensările necesare cu care se poate ajuta ca să rezolve problemele puse de confecţionarea lăzii.

Există însă o condiţie de bază pentru utilizarea activităţilor esenţiale: *interesul*. Activitatea oferită de terapeut trebuie să determine în pacient un anumit nivel de interes. Teoretic se consideră că foarte rar o activitate productivă ar putea trezi sentimente ostile. Întreaga filosofie a TO s-a format plecându-se de la ideea că fiinţa umană are o „natură ocupaţională", omul fiind angajat mereu, zilnic, în activităţi cu scop final, iar aceste activităţi sunt premisa sănătăţii lui, a stării lui de bine. Concluzia logică va fi imediat aceea

că pentru a restabili o sănătate pierdută, va trebui să recurgem la „activităţile" care au reprezentat premisa sănătăţii.

Alegerea activităţilor trebuie să ţină seama de o serie de condiţii:

- Să aibă un scop direct;
- Să se justifice pentru un anumit pacient, să fie acceptată;
- Să solicite o participare activă fizică şi mintală;
- Să realizeze recuperarea deficitelor prezentate de pacient;
- Să dezvolte abilităţi care să mărească performanţa de viaţă;
- Să nu fie periculoasă (să nu producă leziuni, să nu polueze);
- Să fie variată, să nu plictisească, să nu fie costisitoare;
- Să existe condiţiile pentru a putea fi executată.

Există în mod esenţial alte 2 condiţii care trebuie puţin analizate:

a) Activitatea să fie *„adaptabilă"*, înţelegând prin aceasta posibilitatea de a o adapta la condiţiile generale şi speciale ale pacientului de la poziţia în care trebuie să lucreze pacientul până la adaptarea materialului de lucru şi a sculelor la deficitul pacientului. De asemenea, adaptarea activităţii la mediul de lucru, problemă complexă asupra căreia vom reveni într-un subcapitol special.

b) Activitatea să fie *„gradabilă"*, adică să permită creşterea solicitării pe măsură ce pacientul îşi îmbunătăţeşte capacitatea funcţională. Gradarea are în vedere funcţiile de bază: amplitudinea de mişcare, forţa, anduranţa, coordonarea, abilităţile perceptuale-cognitive-sociale. Iată câteva modalităţi de gradare în cadrul activităţilor:

- Pentru forţă: – schimbarea planului de lucru (fără şi cu gravitaţie)
  – se lucrează cu manşete cu plumb din ce în ce mai grele
  – utilizând scule mai grele
  – etc.
- Pentru amplitudine: – distanţarea obiectelor de manipulat
  – mărimea obiectelor, sculelor (pentru prehensiune)
  – poziţionarea echipamentului
  – etc.
- Pentru anduranţă: – se creşte durata de lucru
  – schimbând poziţia de lucru (şezând, în orto)
  – etc.
- Pentru coordonare: – modificând viteza de lucru
  – etc.
- Pentru socializarea muncii: – iniţial lucrează doar cu terapeutul, apoi cu 1-2 alţi pacienţi, apoi în grup.

Ca ocupaţii în cadrul metodei esenţiale (semnificative) se pot regăsi o mare parte în clasificarea franceză atât în tehnicile de bază, în tehnicile complementare, în cele de exprimare şi chiar în unele tehnici de readaptare dintre ADL-uri, cum ar fi gătitul mâncării etc.

La sfârşitul capitolului într-o „anexă" este prezentată spre exemplificare aplicarea unei metode esenţiale.

B. ***Metodele neesenţiale (nesemnificative)***

Activităţile din această categorie nu au un produs final într-un context lucrativ de muncă, deşi bineînţeles că au un scop, un obiectiv de realizat. Ca şi cele esenţiale, şi acestea urmăresc să angreneze fizic şi mintal pacientul.

Scopurile metodelor neesenţiale sunt:

a) A crea scheme practice de mişcare;

b) A antrena abilităţi sensoriomotorii;

c) A dezvolta capacităţi perceptuale şi cognitive.

În general, activităţi mult mai simple decât cele esenţiale, deşi multe dintre ele sunt destul de complexe. Se pot considera că sunt *„activităţi gestuale cu scop"*.

Iată câteva exemple de astfel de activităţi:

În primul rând

Sunt gestualităţi de pregătire iniţială pentru a se putea trece apoi la etape superioare:

– mutarea unor obiecte (diverse mărimi, forme, greutăţi) dintr-un loc în altul (fig. 12.1);

Fig. 12.1. – Manipularea obiectelor mari.

– asamblări de cuburi, piese de construcţie (LAGO);

– manipularea micilor instalaţii de pe placa de lucru (zăvoare, comutatoare, chei în broască, şuruburi, cremoane, clanţe etc.) (fig. 12.2);

– împingerea cu piciorul pe podea a unor obiecte.

În al doilea rând

Sunt gestualităţile sportive, extrase din diverse sporturi. Nu este vorba de a desfăşura un anumit joc sportiv, pe puncte, sau chiar semicompetiţional care ar cere abilităţi deosebite:

– aruncatul unei mingi cu 1 sau 2 mâini de sus, de jos, din lateral;

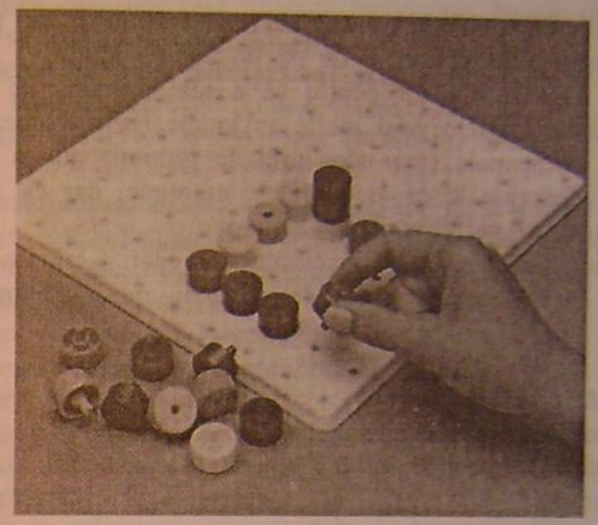


Fig. 12.2. – Manipularea obiectelor mici.

– prinderea unei mingi;

– lovirea unei mingi cu un baston, rachetă etc.;

– fandări, mişcări de box;

– vâslit, pedalaj;

– etc.

În al 3-lea rând

Sunt gestualităţile din ADL-uri de o enormă variaţie care au scop final, dar nu şi produs final:

– ridicat-aşezat de pe scaun;

– apucat-lăsat un pahar, cană;

– intrat-ieşit din baie;

– spălat-bărbierit-pieptănat-şters cu prosopul;

– elemente din gestica mâncatului, îmbrăcatului etc.

Activităţile acestea pot folosi mijloace ajutătoare de care se va mai vorbi.

În al 4-lea rând

Pe principiul progresivităţii, acest grup de activităţi reprezintă un nivel superior faţă de celelalte, căci oferă ocupaţii mai conturate din grupele ADL, de sport sau agrement. Desigur că cer abilităţi relativ bune. Şi acestea pot beneficia de adaptări sau asistare.

Această a 4-a grupă de activităţi neesenţiale face legătura cu cele esenţiale, căci uneori este dificil de a fi clasificate într-o categorie sau alta. În fond, jucând badmington pe puncte şi câştigând meciul, putem considera că avem un produs final. Idem, dacă pacientul face o baie completă, sau se îmbracă complet singur.

În al 5-lea rând

În această grupă a fost introdus „transferul", capitol de mare importanţă pentru marii deficienţi motori. Este vorba de activitatea de transfer din

pat pe scaun sau scaun rulant, de aici pe scunul de WC, sau pe scaunul din maşină sau oricare altă schimbare de pe un loc pe altul.

Amintim aici de transfer pentru că a fost introdus de unii autori în grupa metodelor neesenţiale. Mai multe amănunte într-un subcapitol următor.

Metodele neesenţiale (mai ales primele grupuri) au ca obiective aceleaşi procese disfuncţionale ca şi metodele esenţiale, dar cu un accent mai ales pe coordonare şi performanţă în abilitate.

Aceste metode au mai fost denumite „activităţi facilitatoare", denumire cred nefericită căci creează o serie de confuzii, motiv pentru care se utilizează tot mai rar.

C. ***Metode ajutătoare***

Sunt 3 categorii de metode ajutătoare:

a) exerciţiile terapeutice

b) fizioterapia

c) ortezarea.

Se înţelege că aceste metode sunt chemate să grăbească şi să ajute obţinerea de performanţă ca terapie suplimentară (şi nu obligatorie) alături de cele 2 tipuri de metode proprii ale TO discutate.

a) *Exerciţiile terapeutice* (ET)

Reprezintă domeniul kinetoterapiei, sunt cele discutate în cuprinsul acestei monografii.

Aplicarea ET în terapia ocupaţională a fost foarte controversată, căci TO şi kinetoterapia au fost şi sunt domenii de activitate deosebite. Îmi permit să nu subscriu sub nici o formă la această aserţiune.

Controversa avea de fapt la bază nu vreun argument ştiinţific fundamental, ci unul conjunctural şi anume teama ca terapiştii ocupaţionali să nu prindă „gustul" pentru exerciţiile kinetice terapeutice mult mai uşor şi simplu de executat şi să neglijeze metodologia TO.

AOTA (Asociaţia Americană de Terapie Ocupaţională) a atras atenţia cu toată seriozitatea că nu se va considera asistenţă de TO decât dacă exerciţiile terapeutice se execută în asociere cu terapia specifică ocupaţională. Altfel este vorba de kinetoterapie obişnuită.

Se pare că teama AOTA avea justificare căci o recentă anchetă printre terapiştii ocupaţionali a evidenţiat că aceştia au început progresiv în ultimii ani să reducă din programul bolnavilor activităţile specifice TO în favoarea exerciţiilor terapeutice.

Putem defini ET astfel: „Orice mişcare a corpului sau contracţie musculară cu scopul de prevenire sau corectare a unei incapacităţi fizice, de ameliorare a funcţiei musculoscheletale şi de menţinere a unei stări de bine".

Preluarea din kinesiologie a ET de către TO a fost dictată de câteva considerente:

– Perioada de spitalizare pentru beneficiarii terapiei ocupaţionale s-a redus continuu (TO presupune durate lungi);

– Înmulţirea cazurilor care necesită recuperare, bazele de TO nemaiputând face faţă solicitărilor;

– Extinderea continuă a cazuisticii pentru TO, cum ar fi de exemplu preluarea unor stări acute;

– Creşterea costurilor şi reducerea facilităţilor materiale pentru reabilitare.

Toate aceste considerente duceau la nevoia de a grăbi realizarea rezultatului final prin intensificarea şi complexarea asistenţei terapeutice.

După cum se ştie, obiectivele principale ale ET sunt:

- creşterea forţei şi anduranţei;
- creşterea flexibilităţii (amplitudinii de mişcare);
- creşterea coordonării şi echilibrului;
- creşterea fitnessului cardiovascular (şi respirator).

Sunt scopuri punctuale care se ating prin metodologia kinetoterapeutică uneori destul de repede, ceea ce va permite o mai favorabilă utilizare a metodologiei specifice TO.

Condiţiile de aplicare ca şi metodele de lucru ale ET sunt cele cunoscute şi discutate în această monografie.

Ele vor pregăti pacientul să obţină mai repede obiectivele punctuale de mai sus.

b) *Fizioterapia*

Utilizarea fizioterapiei a determinat şi mai multe controverse şi discuţii decât exerciţiile terapeutice. Iniţial singurul domeniu în care a fost utilizată fizioterapia în cadrul programului de TO a fost în recuperarea mâinii. Treptat însă ea s-a extins, s-a generalizat la multe alte stări patologice.

Pentru a curma controversele, în 1992 AOTA publică: „Poziţia AOTA pentru modalităţile de aplicare a agenţilor fizici în TO". Concluzia acestui document devenit obligatoriu pentru practicienii TO este următoarea: „Utilizarea exclusivă a modalităţilor de aplicare a agenţilor fizici în timpul unei sesiuni de tratament fără aplicarea unei terapii cu finalitate funcţională NU este TO. Fizioterapia trebuie integrată în planul terapeutic de TO utilizându-se înainte sau în timpul activităţilor funcţionale pentru a mări efectele terapeutice".

Cel mai frecvent, dintre metodele fizioterapice, terapiştii ocupaţionali folosesc:

– căldură (superficială şi/sau profundă);

– crioterapia sub diverse forme de aplicare;

– electroterapia (stimulările neuromusculare, stimulările transcutanate, medie frecvenţă, curent galvanic pentru iontoforeză);

– hidroterapia (whirlpool – baie cu vârtejuri);

– fluidoterapia, procedeu neobişnuit la noi, dar foarte apreciat în SUA în serviciile de TO. Este vorba de instalaţii speciale în care se introduc segmente de membre (mâna sau piciorul mai ales). În aceste dispozitive există pleavă de grâu, care va fi agitată de un curent puternic de aer cald. Efecte foarte bune de a creşte temperatura locală şi de a determina o puternică excitaţie a pielii;

– masajul manual sau cu diverse aparate şi instalaţii.

c) *Ortezarea* (atelarea)

Taxonomic ortezarea face parte din „metodele ajutătoare", dar de fapt trebuie considerată ca o metodă de sine stătătoare prin importanţa ei extraordinară pe care a luat-o în cadrul TO.

În afară de faptul că s-a creat un cadru specializat (ortezist), terapistul ocupaţional are o pregătire serioasă în problemele de ortezare, implicându-se nu numai în prescrierea, adaptarea şi lucrul cu pacientul ortezat, ci şi în conceperea, desenarea şi confecţionarea ortezelor (termoplastice).

Orteza este un dispozitiv adăugat corpului unei persoane pentru *a susţine, a poziţiona, a imobiliza, a corecta diformităţi, a asista forţa musculară, a modifica tonusul muscular sau a promova mişcarea* unor segmente.

Ortezele au 3 obiective importante, pe baza cărora s-a făcut şi clasificarea internaţională a lor:

α) *Atele restrictive:* reduc amplitudinea de mobilizare articulară, dar nu complet. Orteza este confecţionată pentru o anumită direcţie de mişcare permiţându-le pe celelalte sau blochează doar o parte din amplitudinea de mişcare articulară (atele semiflexibile). Ortezele semiflexibile sunt larg utilizate pentru articulaţiile inflamate dureroase pentru limitarea durerilor.

β) *Atele de imobilizare* care blochează complet mişcarea articulară. Din această categorie sunt şi ortezele de poziţionare şi corectare a deformărilor. De exemplu, orteza pentru mâna hemiplegicului.

χ) *Atele de mobilizare* urmăresc creşterea amplitudinii de mişcare articulară pasivă sau/şi activă. În funcţie de modalitatea urmărită pentru creşterea mobilizării se confecţionează câteva tipuri de atele.

– Orteză care pune în tensiune ţesutul moale, realizând stretching pasiv prelungit. Pe măsură ce se câştigă amplitudine, orteza se adaptează noii stări în aşa fel încât să se menţină forţa de stretching (orteze seriate). Sau orteza are un „şurub fără sfârşit" cu care zilnic mărim (sau micşorăm) unghiul articular pentru obţinere de amplitudini tot mai mari.

Aceste orteze sunt *„orteze de tracţiune statice"*. Ca o variantă, există *„orteza de tracţiune statică progresivă"* realizată prin intermediul unui elastic (sau arc) care, pe măsură ce ţesutul cedează şi creşte amplitudinea, nu este necesară reajustarea, căci elasticul continuă să realizeze stretchingul.

– Orteze pentru promovarea mişcărilor într-un context de scădere de forţă până la pareză. Spre exemplu, într-o paralizie de radial nu putem utiliza nici flexorii degetelor (nervul median fiind intact) deoarece extensorii paralizaţi nu opun rezistenţa necesară fixării mâinii. Orteza va fixa în extensie pumnul şi mâna, în acest fel putându-se executa prehensiunea. Este o atelă de *„tracţiune dinamică"*.

– Orteze pentru realizarea unei rezistenţe permanente în vederea creşterii de forţă pentru o anumită mişcare, aşa cum sunt „praştiile" pentru degetele mâinii.

Este tot o ortezã dinamică de tracţiune.

Ortezele realizează aşadar „contenţii" ale segmentelor corpului şi mai ales contenţii rigide, fiind confecţionate din plastic, metal, ghips, lemn, talpă.

Există însă şi *„contenţii suple"*, adică flexibile, care prin extindere pot fi şi ele considerate orteze urmărind în fond aceleaşi obiective.

Contenţiile suple sunt:

α) adezive, folosind benzi elastice sau neelastice care se lipesc pe piele;

β) neadezive.

Contenţiile cu benzi adezive sunt cele mai bune, căci nu se slăbesc şi nu se desfac ca cele neadezive (care sunt ca un bandaj elastic sau neelastic) (fig. 12.3).

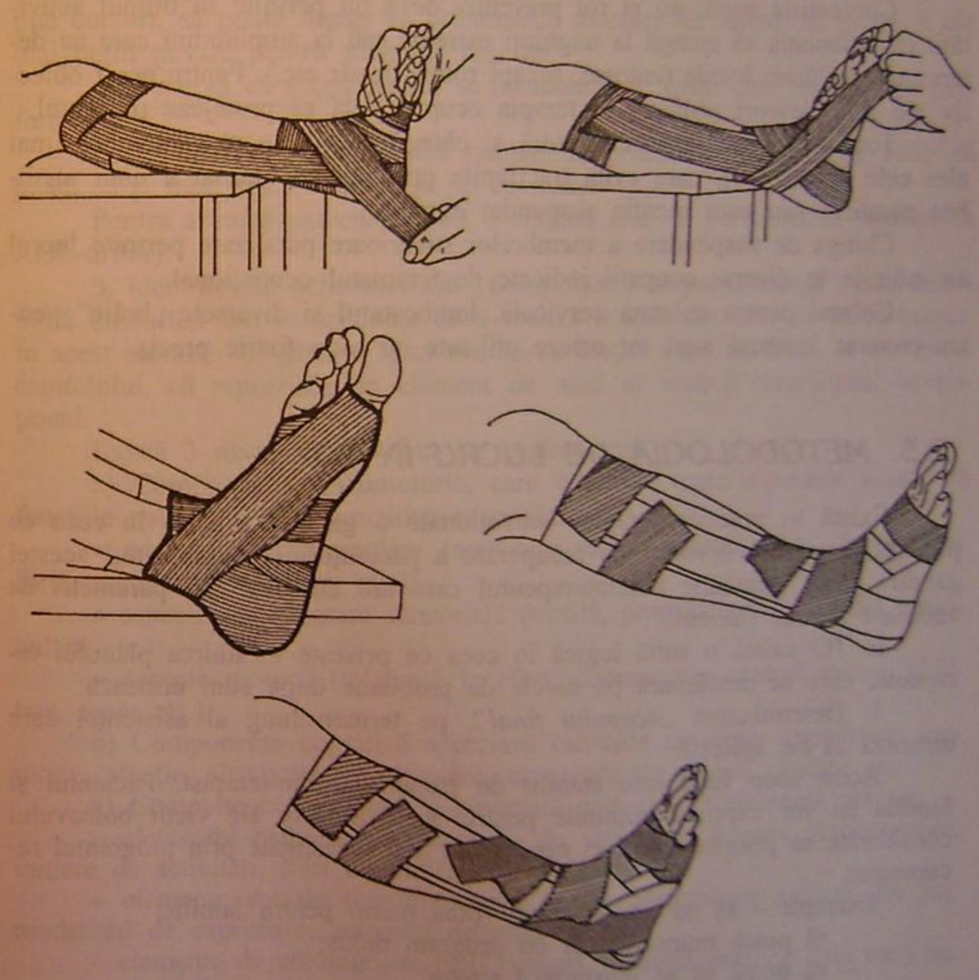


Fig. 12.3. – Contenţie suplă pentru o entorsă de gleznă (tehnica de aplicare).

Contenţia suplă realizează o semiimobilizare permiţând o mobilizare minimă. Are ca obiective:

– Prin poziţionarea segmentului în „poziţie scurtată" reduce starea de tensiune tisulară;

– Permite o cicatrizare sau dezinflamarea în poziţie corectă;
– Reduce durerile;
– Blochează apariţia edemului;
– Reduce deviaţiile: picior equin, picior evers sau invers, subluxaţia rotulei etc.

Este important de subliniat că, după suspendarea contenţiei suple, recuperarea funcţională locală (mobilitate, forţă, coordonare) se realizează mult mai rapid decât dacă imobilizarea a fost rigidă.

Contenţiile suple au şi rol preventiv de a nu permite în timpul activităţii ca articulaţia să ajungă la unghiuri extreme sau la amplitudini care au determinat neplăceri locale (entorse, luxaţii rotulă, umăr etc.). Pentru acest obiectiv ele sunt deseori utilizate în terapia ocupaţională să protejeze pacientul.

Tot în categoria ortezelor intră şi *chingile-suport* pentru membre (mai ales cele superioare), care evită tracţiunile prin poziţia atârnat a unui membru paralizat sau care menţin suspendat membrul.

Chinga de suspendare a membrelor superioare paralizate permite lucrul cu mâinile în diverse ocupaţii indicate de terapistul ocupaţional.

Colarul pentru coloana cervicală, lombostatul şi diversele „brâie" pentru coloana lombară sunt tot orteze utilizate cu scop foarte precis.

12.5. *METODOLOGIA DE LUCRU ÎN TO*

Există în practica terapiei ocupaţionale o gândire proprie în ceea ce priveşte abordarea nevoilor de recuperare a pacienţilor. Pragmatismul acestei gândiri poate surprinde kinetoterapeutul care are cu totul alţi parametri de abordare a unui pacient.

În TO există o suită logică în ceea ce priveşte alcătuirea planului terapeutic care se desfăşoară pe nivele de probleme după cum urmează:

1. Determinarea *„scopului final"*, pe termen lung al asistenţei care urmează să fie aplicată.

Acest scop final este stabilit de pacient-familie-terapist. Pacientul şi familia îşi vor exprima opţiunile pentru acele aspecte ale vieţii bolnavului considerate ca prioritare şi deci necesar de a fi recâştigate prin programul recuperator.

Exemple: – să nu fie o povară (prea mare) pentru familie;
– să poată munci măcar cu program redus;
– să poată să se îngrijească singur;
– să poată să-şi crească copiii;
– etc.

Desigur că fanteziile opţionale sunt amendate de terapist care le aduce la realitatea capacităţilor fizice şi cognitive care limitează dorinţe exagerate.

2. Identificarea *„ariei de performanţă"* reprezintă domeniul în care pacientul îşi realizează scopul final.

Sunt luate în considerare 3 arii de performanţă care reprezintă în fond domeniile activităţilor umane:

a) Activităţile vieţii zilnice (ADL-urile);
b) Activităţile de muncă (profesionale);
c) Activităţile de agrement, petrecerea timpului liber, hobby-uri.

Scopul final al pacientului se poate încadra în una, două sau toate trei arii de performanţă.

Exemple:

A. un profesor cu paraplegie îşi doreşte ca scop final: să mai poată ţine cursuri, să poată merge să urmărească meciuri de fotbal, să poată fi cât mai puţin povară pentru membrii familiei.

Se observă că scopurile lui se încadrează în toate cele trei arii de performanţă.

B. O bătrână cu poliartrită reumatoidă avansată are ca unic scop să poată să-şi îngrijească nepoţii şi pe ea însăşi.

Pentru această pacientă există o singură arie de performanţă (realizarea ADL-urilor).

3. Identificarea deficitelor din *„Componenta de performanţă"* care determină dificultăţi sau incapacitate de a realiza scopul din aria de performanţă. În acest moment îşi găseşte locul *evaluarea* despre care, se arăta, la începutul capitolului, că reprezintă un element de bază al muncii terapistului ocupaţional.

Există 3 mari „componente de performanţă":

a) Componenta senzomotorie, care cuprinde toate aspectele legate de funcţiile motorii şi cele senzitivosenzoriale:

- aspecte neuromusculare (activitate reflexă, amplitudine de mişcare, forţă, anduranţă, echilibru etc.);
- aspecte de integrare senzorială (tactilă, proprioceptivă, vizuală, vestibulară etc.);
- aspecte motorii (toleranţă la efort, coordonare, control motor, abilitate, mers etc.).

b) Componenta cognitivă apreciază calităţile cerebrale superioare: memorie, atenţie, abstractizare, orientare, capacitate de calcul, gândire etc.

c) Componenta psihosocială apreciată prin cele 3 elemente ale ei:

– elementul psihologic (aprecierea de valori, de interes, autoconcepte, iniţiere de activităţi, stări de indiferenţă etc.);
– elemente sociale (comportament social, comunicare cu cei din jur, modalităţi de exprimare, activităţi de grup etc.);
– elemente de autoîngrijire (self control, aspectul exterior fizic etc.) nu se referă la ADL-uri.

Pe baza analizei „componentelor de performanţă", terapistul ocupaţional îşi va alcătui programul de lucru stabilind şi termenele pe perioade scurte pentru obţinerea diverselor obiective ale ariei de performanţă.

Continuând exemplul cu profesorul paraplegic, pentru ca acesta să atingă aria de performanţă profesională va trebui:

– să înveţe să-şi mobilizeze bine scaunul cu rotile pe plat şi pe plan înclinat de urcare şi coborâre (forţă, abilitate);

– să facă cu uşurinţă transferul din scaun în maşină şi invers (dacă va merge cu maşina proprie adaptată va învăţa să conducă o astfel de maşină);

– să poată scrie la tablă din scaun (efort pentru membrele superioare, probleme de echilibru datorită poziţiei corpului etc.).

Aceleaşi probleme sunt necesare şi pentru satisfacerea ariei de performanţă de agrement (prezenţa la meciurile de fotbal).

Pentru ADL-uri se va insista tot pe transferuri (pat-scaun, scaun-WC sau baie etc. şi invers) membrele superioare pentru diverse activităţi fiind normale.

Pot desigur exista situaţii speciale pentru acest pacient. De exemplu urcarea scării acasă, care se rezolvă prin adaptarea unui elevator sau a unui plan înclinat etc.

Pentru bătrâna cu poliartrită reumatoidă care are ca arie de performanţă doar ADL-urile, se vor introduce activităţi esenţiale şi neesenţiale preluate din viaţa casnică (gătit, curăţat, spălat etc.) cu asocierea diverselor metode ajutătoare.

După cum se vede, TO îşi propune rezolvări punctuale dar esenţiale pentru o anumită ocupaţie. Teoretic (dar şi practic) se ignoră o serie de alte deficienţe care nu interferează sau interferează nesemnificativ realizarea scopului final. Astfel, bătrâna de mai sus prezintă, de exemplu, şi o limitare de mişcare a gleznei şi genunchiului, dar pentru realizarea obiectivelor de ADL propuse aceste deficite nu au mare importanţă (sau eventual pot fi asistate cu diverse ajutoare). Terapistul ocupaţional va da eventual cu totul secundar atenţie acestor articulaţii.

Aşadar, după ce terapistul a pus în evidenţă acele componente de performanţă care se implică direct cu nivelul de independenţă necesar în cadrul ariei de performanţă dorită, acestea vor reprezenta *priorităţile* în asistenţa pacientului respectiv. Pentru toate celelalte eventuale componente deficitare găsite, interesul terapeutului este foarte limitat.

Pe baza existenţei proprii, dar şi a cunoştinţelor teoretice acumulate, terapeutul poate face o apreciere „în avans" a rezultatelor ce s-ar putea obţine pe termen scurt, care să conducă treptat la realizarea scopului final. Această apreciere se face şi pentru un cadru de timp rezonabil pentru câştigarea nivelului de performanţă.

Aprecierea „în avans" este legată de starea bolnavului, nivelul de performanţă necesitat de aria de performanţă şi de scopul final cerut de pacient şi bineînţeles de programul concret de tratament ales de terapist. Criteriile pentru alcătuirea programului sunt complexe şi ele vor mai fi discutate în continuare.

Aşa cum se mai sublinia, pe parcursul desfăşurării activităţilor terapeutice la anumite intervale pacientul va fi supus la reevaluări, la revederea şi refacerea obiectivelor propuse, eventual cu schimbări în metodele aplicate.

12.6. *TERAPIA PRIN MUNCĂ*

Aşa cum se sublinia şi în cele câteva note asupra istoricului TO, munca a reprezentat încă de la început componenta cea mai importantă terapeutică a TO. Iniţial (sfârşitul secolului XIX şi începutul secolului XX) se vorbea de *„cura prin (de) muncă"*. Denumirea de „ergoterapie" îşi avea originea în această practică, din nefericire menţinându-se peste ani chiar atunci când TO a devenit o specialitate complexă terapeutică aşa cum s-a putut vedea din cele arătate până acum. Reamintim că sec. XIX a fost dominat de conceptul „artelor şi meseriilor" din domeniul cărora se preluau cu scop terapeutic diverse meserii.

S-a considerat dintotdeauna că munca are un rol de prim ordin în viaţa omului, iar pierderea capacităţii de muncă are urmări negative importante, cum ar fi:

- schimbarea stilului de viaţă;
- introducerea senzaţiei de dependenţă care conduce la depresie;
- scăderea resurselor economice;
- dezadaptare socială, izolare;
- pierderea stimei proprii etc.

Grav este şi faptul că o boală poate duce la pierderea capacităţii de muncă doar temporar, dar în această perioadă se pierde treptat orice motivaţie pentru reluarea muncii sau apare teama de a relua munca.

Activităţile de muncă utilizate ca modalităţi terapeutice fac parte din activităţile esenţiale (semnificative) ale TO.

Un avânt deosebit pentru utilizarea muncii ca metodă terapeutică a fost dat în prima jumătate a secolului al XX-lea odată cu dezvoltarea explozivă a industrializării dar şi a accidentelor de muncă, pacienţii fiind apoi recuperaţi în spitale, în serviciile de TO tot prin activităţi de muncă (aceleaşi sau altele).

În 1923, acest program de recuperare a fost denumit *„Work-Hardening"* (WH), expresie greu de tradus (eventual ca înţelegere ar putea fi „străduind în (sau prin) muncă" ca o traducere mai liberă).

Din 1970, WH a devenit program obligatoriu în recuperarea bolilor şi accidentelor industriale (şi nu numai).

Comisia americană de acreditare a facilităţilor de reabilitare (1989-1992) defineşte WH astfel: „programul de tratament bine structurat, cu scop precis, individualizat, având drept obiectiv maximalizarea abilităţilor unei persoane pentru a se putea întoarce la muncă". Treptat work-hardeningul a devenit sinonim cu terapia prin muncă, terapie care produce bunuri sau servicii.

În 1986, apoi în 1992, AOTA a editat *„work-hardening guidlines"* în care sunt descrise structurile de bază ale diverselor munci şi servicii ca şi programe multidisciplinare din cadrul TO.

Desigur că scopul principal al WH este ca, recuperând pacientul să grăbească totodată reîntoarcerea în muncă a acestuia.

În acest fel, WH va trebui să pregătească pacientul pentru:
– întoarcerea la vechea muncă avută;
– întoarcerea la o muncă asemănătoare, dar modificată în unele elemente;
– întoarcerea la o cu totul altă muncă (reprofesionalizare).

Organizarea *work-hardening* este complexă şi trece prin mai multe etape:

A. ***Analiza meseriei (muncii)***

Trebuie cunoscute în detaliu cerinţele pentru muncitor ale locului de muncă: poziţie, manevre, urcat-coborât scări, împins-tras-ridicat obiecte etc. Apoi condiţiile senzoriale: vedere-auz-miros, ca şi cele psihologice: capacitate de acomodare la mediul de muncă, precum şi care sunt factorii de risc locali (efort, frig, poluare, postură, zgomot etc.).

În SUA s-a editat un „Dicţionar al titlurilor ocupaţionale", în care se descrie cerinţa fizică pentru toate ocupaţiile.

B. ***Stabilirea toleranţei la muncă***

Reprezintă datele asupra capacităţii funcţionale a pacientului, a sechelelor lăsate de boală, sau accident, dar şi condiţia de sănătate generală a pacientului (diabetic, hipertensiv, coronarian, hepatic etc.), în evaluarea capacităţii funcţionale denumită în acest caz *„toleranţă la muncă"* trebuie să se dea dovadă de multă conştiinciozitate putând exista pericolul unor incidente neplăcute cu urmări judiciare.

Evaluarea va fi completă: fizică, cognitivă, psihică.

Comisia americană de acreditare pentru facilităţile de reabilitare a fixat în mod obligatoriu elementele de evaluare a toleranţei la muncă, care sunt:
– starea aparatului musculoscheletal
– starea aparatului cardiovascular
– starea aparatului respirator
– starea cognitivă
– starea comportamentală şi de atitudine
– capacitatea funcţională de muncă
– starea vocaţională.

Evaluarea mai ţine seamă şi de mulţi alţi parametri: vârstă, nivel cultural, motivaţie etc.

O astfel de evaluare durează câteva ore şi se continuă încă 1-2 zile.

C. ***Alcătuirea planului WH individual***

Pe baza datelor de la punctele A şi B se elaborează de către terapist în colaborare cu pacientul planul de lucru care îşi propune următoarele scopuri:

a) creşterea progresivă a duratei de lucru zilnice (se începe cu 2 ore) pe măsura creşterii toleranţei;

b) creşterea gradată şi pe rând a capacităţilor fizice deficiente;

c) ameliorarea posturilor şi mecanicii corpului, în cursul muncii;

d) dezvoltarea unor strategii pentru controlul durerilor când există (medicaţie, poziţii etc.);

e) dezvoltarea abilităţilor de autoîngrijire la locul de muncă, de a evita incidentele şi accidentele, de a şti când trebuie să solicite ajutor pentru executarea unor manopere;

f) dezvoltarea unui comportament corect la locul de muncă: punctualitate, productivitate, atitudine, respectarea standardelor etc.

D. ***Implementarea planului WH***

Există 3 posibilităţi de implementare a planului WH:
1. aplicarea ca atare a tuturor condiţiilor unei munci;
2. aplicarea doar parţială a muncii;
3. simularea muncii.

Această a 3-a posibilitate s-a dezvoltat din 1980 când a apărut termenul de *„work-simulation"*, simularea muncii, mai uşor de realizat, dar putând duce la aceleaşi rezultate permiţând în plus şi testările pentru muncă ce se fac pacienţilor înainte de revenirea la muncă.

Iată un exemplu de simulare a muncii: antifonarea unei maşini nu se poate face în mod real într-un serviciu de TO, dar se poate executa exact aceeaşi muncă din aceeaşi poziţie, cu aceleaşi scule, antifonând o placă oarecare.

Work-hardening se organizează în spital în ateliere speciale, în centre de recuperare, în bazele de terapie ocupaţională, în servicii ambulatorii de TO în întreprinderi industriale sau chiar în propria întreprindere şi chiar la locul de muncă al pacientului. Această ultimă situaţie poartă numele de *munca tranziţională* şi vom discuta separat despre ea.

Work-hardening s-a dezvoltat continuu în ultimele 2-3 decenii, mai ales după ce tehnicile de simulare a muncii s-au perfecţionat. Această dezvoltare a avut ca substrat o serie de avantaje remarcabile obţinute nu numai sub raport strict medical.

Astfel:
- pacienţii realizează că sunt capabili şi pregătiţi să reintre în muncă şi în comunitate, reintrare mai rapidă în deplină securitate;
- patronii au încredere că angajatul lor va face faţă sarcinilor şi în acelaşi timp va plăti mai puţine compensări materiale;
- casele de asigurări vor plăti şi ele mai puţin;
- medicii de întreprindere sau de medicina muncii vor obţine de la serviciul de TO o documentaţie completă asupra abilităţilor fizice şi psihice ale pacienţilor.

Scopurile pe care şi le propune WH sunt deosebit de importante şi complexe, motiv pentru care s-a şi dezvoltat această metodă terapeutică. Iată-le:
– să realizeze o tranziţie netedă şi rapidă în deplină securitate spre reluarea muncii pacientului;
– să dezvolte toleranţă fizică specifică pentru muncă (forţă, anduranţă, coordonare etc.);
– să realizeze performanţa de muncă în siguranţă, evitându-se chiar de la început traumatismele de muncă;
– să furnizeze date asupra toleranţei fizice şi psihologice a pacientului;
– să întărească comportamente adecvate pentru muncă;

– să testeze valoarea modificărilor aduse sculelor, locului de muncă, aspectelor ergonomice, tehnologiei asistate, toate menite să amelioreze performanţa de muncă a pacientului cu diverse deficite funcţionale şi invalidităţi;
– să promoveze responsabilitatea pacientului.

12.7. *MUNCA TRANZIŢIONALĂ*

Aşa cum se arăta, în cadrul WH activitatea terapeutică prin muncă se poate desfăşura chiar la locul de muncă al pacientului, executând sarcinile lui obişnuite.

După o perioadă de asistenţă recuperatorie în centrul de terapie ocupaţională, pacientul poate atinge un nivel de performanţă care să-l facă apt de a continua recuperarea prin activităţile de muncă ale profesiei lui, la locul lui de muncă.

Nu este o revenire completă şi definitivă, ci este încă un program terapeutic într-o fază de tranziţie, căci munca aceasta se va deosebi de sarcinile postului respectiv printr-o serie de elemente: durată, unele restricţii gestuale, scule modificate, alte ajutoare, supravegherea continuă a instructorului şi frecventă a terapistului.

Avantajele muncii tranziţionale sunt evidente:
– grăbeşte reîntoarcerea completă la muncă, nu obişnuieşte pacientul cu ajutorul social. Se realizează o trecere graduală la activitatea completă;
– psihologic, minimalizează importanţa deficitului fizic;
– decongestionează bazele de TO putându-se prelungi activităţile terapeutice ocupaţionale;
– patronii realizează că, în curând, vor avea la muncă completă salariatul respectiv, iar în perioada de tranziţie nu se mai pierd zile de muncă, nu se mai plătesc compensări etc.;
– medicul poate aprecia în mod real toleranţa la muncă.

*
* *

Work hardening este un element terapeutic central al terapiei ocupaţionale. WH reprezintă structura activităţilor esenţiale (semnificative). Acesta este motivul pentru care specialiştii în TO fac pregătiri suplimentare, masterate, specializări, doctorate în WH în care studiază mediul de muncă, dezavantajul pentru muncă creat de diversele deficienţe, adaptările şi ajutoarele pentru munca concretă etc.

Terapia ocupaţională, aşa cum s-a arătat, nu operează doar cu activităţile esenţiale, cu *work hardening*.

O a doua componentă de bază a metodologiei TO este aşa-numita *„Work Conditioning"* (WC), adică un program care se concentrează pe componentele analitice deficitare (forţă, flexibilitate, coordonare, anduranţă etc.) având drept scop, în final, tot reîntoarcerea la muncă. WC pregăteşte fizic

şi psihic pacientul pentru ca acesta să fie mai apoi introdus în progamul de WH.

Work conditioning ar fi deci un program de activităţi neesenţiale şi ajutătoare, care să pună pacientul într-o bună condiţie fizică şi psihică care să îi permită apoi activităţile de muncă ca bază a TO.

Work conditioning asigură şi o pregătire generală a pacientului, în vederea activităţilor de muncă.

Ar fi momentul să se sublinieze aici că poate acest cuvânt *„muncă"*, *„ergos"*, *„work"*, nu ar trebui înţeles chiar stricto sensum. Terapia ocupaţională priveşte ceva mai larg acest cuvânt (fără desigur a-i lua înţelesul de bază), spunând că „munca se poate referi la aproape orice fel de activitate umană care implică un efort".

Iată explicaţia pentru care, în terminologia AOTA, vorbim de „work hardening" şi „work conditioning", deşi doar primul se referă propriu-zis la ideea de muncă stricto sensum.

12.8. *ACTIVITĂŢILE VIEŢII ZILNICE (ADL)*

ADL = *Activities of Daily Living*. Vom păstra prescurtarea de ADL deoarece ea a devenit generală fiind utilizată nu numai în literatura de specialitate, ci şi în vorbirea curentă între specialiştii recuperării medicale.

ADL-urile reprezintă totalitatea acţiunilor unui individ care-l fac independent datorită propriei lui capacităţi de a-şi putea realiza toate nevoile personale, ca şi pe cele legate de viaţa comunitară. De la posibilităţile unui individ de a se spăla şi îmbrăca singur, până la posibilităţile de a se deplasa în casă şi în afara ei, de a comunica cu alte persoane şi de a-şi procura obiectele necesare, există o multitudine de acte şi activităţi proprii vieţii cotidiene oricărui individ. Toate acestea fac parte din ADL.

Terapiei ocupaţionale îi revine meritul de a fi înţeles încă de la început importanţa acestui sector din viaţa oamenilor şi l-a introdus ca arie de performanţă alături de activităţile de muncă şi cele de agrement (aşa cum s-a discutat mai înainte). În capitolul „Evaluare" au fost expuse pe larg diverse clasificări ale ADL-urilor. Aici le vom prezenta în rezumat.

Există aşadar:

ADL-uri = abilităţile de bază legate de activităţile obişnuite zilnice ale omului:
– de autoîngrijire (îmbrăcat, spălat, mâncat, îngrijire personală etc.);
– de mobilitate (mers, mişcare în pat, transfer în scaun, în pat etc.);
– de comunicare (vorbit la telefon, citit, scris, gestualitate specifică etc.);
– de manipulare (clanţă, sertare, ferestre, robineţi, întrerupătoare, chei etc.).

I-ADL *(Instrumental Activities of Daily Living)* = o categorie aparte din ADL (introdusă de curând), mai elaborată căci necesită o participare mai

mare a proceselor cognitive, referindu-se la abilităţi tehnice, abilităţi sociale, abilităţi complexe de mediu sau ale vieţii comunitare, îngrijirea propriei sănătăţi etc.

Câteva exemple de I-ADL:

– din domeniul gospodăresc (realizarea cumpărăturilor, îngrijire copii, reciclarea lucrurilor, planificare activităţi casnice etc.);

– din domeniul vieţii comunitare (manipularea banilor, cărţi de credit, cecuri etc., utilizarea transporturilor în comun, condus maşină, participarea la acţiuni recreative etc.);

– din domeniul îngrijirii sănătăţii (manevrarea medicamentelor, cunoaşterea factorilor de risc, înscrierea la consultaţii medicale etc.);

– din domeniul securităţii casei şi celei personale (noţiuni de protecţie contra focului, identificarea situaţiilor periculoase, capacitatea de sesizare şi anunţare a unor incidente periculoase etc.);

– din domeniul manipulării aparaturii moderne (aspirator, cuptoare, frigider, microunde etc.).

Capacitatea de performare a tuturor acestor activităţi şi a multor altora similare caracterizează individul complet independent. Restrângerea independenţei se instalează odată cu restrângerea ADL-urilor.

TO a dat ADL-urilor un dublu rol, şi anume:

1. mijloc de evaluare;
2. mijloc terapeutic.

1. *Ca mijloc de evaluare* (a se vedea capitolul special despre „Evaluare"), ADL realizează cea mai importantă informare şi anume: „ce este capabil pacientul să facă şi ce nu este capabil din actele obişnuite ale vieţii".

Este mult mai important să ştim dacă un pacient poate duce lingura la gură decât dacă flexia cotului lui este de 40° sau 70°. Este mai important să ştim dacă se poate urca şi poate coborî singur din pat decât toată suita de evaluări neuromioartrokinetice care încearcă să arate acelaşi lucru.

Testând nu amplitudinea articulară, nu forţa musculară, nu tonusul muscular şi nici controlul motor, ci activităţi: poate mânca, poate să-şi pună haina, poate deschide un sertar, poate da drumul la chiuvetă, se poate pieptăna etc., vom obţine un tablou mult mai elocvent asupra capacităţii funcţionale, asupra gradului de independenţă şi în consecinţă a nevoilor de recuperare imediată.

2. *Ca mijloc sau metodă terapeutică,* de recuperare ADL îşi împarte prioritătile cu activităţile de muncă. În centrele de TO există organizate o mare varietate de aplicare a diverselor ADL prin care pacientul îşi va îmbunătăţi treptat gradul de independenţă. De fapt, ceea ce împarte indivizii în „dependenţi" şi „independenţi" este tocmai imposibilitatea sau posibilitatea de a realiza ADL-urile. Ceva mai mult, pe baza imposibilităţii de a realiza unele ADL-uri sau a inabilităţii de a le performa bine se face diferenţa între „nevoia de ajutor" în primul caz şi „nevoia de îndrumare şi învăţare" în cel de-al doilea.

Imposibilitatea de a realiza unele ADL-uri, de asemenea nu trebuie privită ca rezultat al unor mari invalidităţi. Un pacient cu o lombosacralgie

acută va fi incapabil de a efectua o serie de activităţi (punerea ciorapilor, încălţat, urcat scară, stat în picioare etc.), fără a-l considera însă invalid.

Aprecierea ADL-urilor prin testarea lor ca şi recuperarea lor nu se face având în vedere entităţi nosologice. Imposibilitatea de a se aşeza pe scaun a unui bolnav va fi antrenată ca atare indiferent dacă la bază stă limitarea de flexie a şoldului sau genunchiului sau o paralizare de nerv crural etc.

Analiza ADL-urilor este deosebit de importantă pentru un terapeut-recuperator (fie că este terapist ocupaţional, fie că este kinetoterapeut) deoarece:

– ne arată nivelul de performanţă al unui individ ca o linie de bază, de pornire, de la care progresele sau regresele pot fi măsurate;

– reprezintă un ghid asupra oricăror modificări ce trebuie făcute în activitatea de rutină a pacientului;

– contribuie la precizarea atât a diagnosticului funcţional, cât şi a prognosticului exprimând nivelul de incapacitate;

– permite terapistului să alcătuiască un program absolut concret de recuperare, căci acesta are la bază executarea repetată a însăşi ADL-ului deficitar;

– permite terapistului de a distinge între „optim" (punctul la care totul este perfect) şi „potenţialul maxim" (nivelul cel mai înalt posibil de atins în recuperare).

În activităţile prescrise pentru refacerea ADL, trebuie avut în vedere faptul că factorii fizici şi psihologici sunt strâns legaţi, autoîncrederea şi motivaţia jucând rol important.

Introducerea în planul de terapie ocupaţională a restabilirii ADL-urilor pierdute este, după cum se arăta, obligatorie la toţi pacienţii. Aplicarea însă a acestui plan cere o adevărată strategie de lucru care să-i facă pe aceştia cât mai independenţi. Iată, spre exemplificare, câteva elemente ale acestei strategii:

- Eliminarea chiar de la început a unor aspecte neimportante din ADL-uri sau care pot fi înlocuite cu unele elemente ajutătoare.

Ex. Faptul că o pacientă cu poliartrită reumatoidă nu va mai putea ţine acul de cusut în pensa digito-digitală dar va putea avea o prehensiune suficient de funcţională sau faptul că aceeaşi bolnavă nu va mai putea manipula o cratiţă mare cu o toartă, ci doar o cratiţă cu două toarte trebuie acceptate ca atare.

- Se vor căuta metode alternative pentru ADL-urile deficitare.

Ex. Căratul unei cutii grele nu se va face prin priză digitală, ci printr-una palmară (în poliartrită reumatoidă).

- Se vor imagina şi confecţiona o serie de piese ajutătoare pentru executarea unor ADL-uri (vezi mai departe).
- Persoanele din jurul pacientului (familie, îngrijitorul etc.) vor fi învăţate cum şi în ce constă ajutorul pe care îl vor da pacientului.
- Întotdeauna în programul de lucru se va începe cu recuperarea ADL-urilor mai uşor de restabilit pentru a creşte încrederea pacientului în capacitatea lui de recuperare.

După cum s-a putut observa, programul pentru refacerea ADL-urilor este complex şi nu se referă doar la executarea pentru antrenare a diverselor ADL-uri deficitare.

TO complexează acest program prin alte 2 intervenţii:

A. Obişnuirea pacientului cu mijloacele ajutătoare pentru realizarea ADL-urilor.

B. Modificări în mediul ambiant al pacientului care să micşoreze sau chiar să elimine incapacitatea pacientului de a realiza o anumită activitate.

A. ***Mijloacele ajutătoare pentru ADL***

Aceste mijloace sunt de fapt de 2 feluri:

a) Ajustări ale diverselor obiecte casnice, de îmbrăcăminte, de mâncat, gătit, igienă personală etc.

Sunt sute de astfel de ajustări care vor permite pacientului să manipuleze mai uşor obiectele respective.

Câteva exemple:

– simplificări ale îmbrăcămintii, fără nasturi, ci cu fermoar, sau benzi velcro;
– încălţăminte fără şireturi;
– vase de bucătărie cu 2 urechi;
– mânere groase la tacâmuri;
– farfurii cu margini mai înalte;
– perii de păr cu mâner lung;
– bateriile de la baie, chiuvetă sau manete (nu robinete);
– bureţi cu mânere lungi pentru baie etc.

În fig. 12.4 şi 12.5 sunt arătate câteva dintre aceste ajustări ale unor obiecte obişnuite.

b) Obiecte de ajutor, mici instrumente sau scule cu care pacienţii pot să-şi desfăşoare activităţile mai uşor.

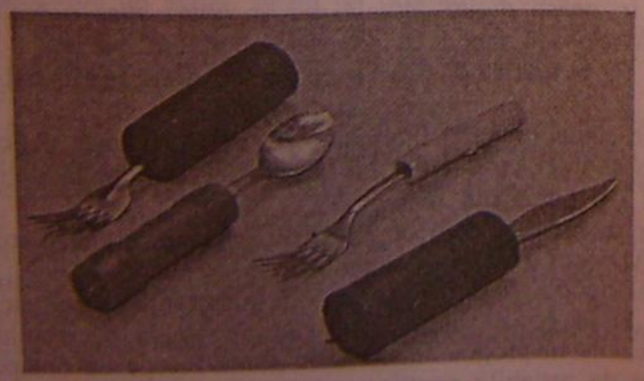


Fig. 12.4. – Tacâmuri pentru pacienţi cu deficit de prehensiune.

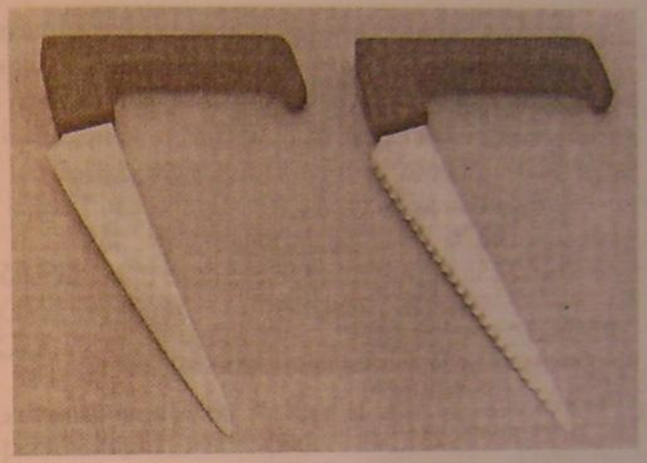


Fig. 12.5. – Cuţite adaptate.

Câteva exemple:

– gheară cu mâner lung pentru îmbrăcat;
– piesă-orteză de mână pentru fixarea diverselor obiecte: creion, periuţa de dinţi, pieptenul, aparatul de ras etc.;
– mânere pentru sprijin (pentru telefon, tacâmuri);
– colac cu mânere pentru closet la înălţimea funcţională;
– placă de lucru în bucătărie cu posibilitate de fixare a produselor alimentare în preparare (tăiat, curăţat etc.);
– containere pentru bucătărie care se deschid uşor (mecanisme variate în funcţie de pacient);
– farfurii cu margini înalte adăugate pentru a nu aluneca mâncarea;
– bastonaş pentru întors foile la carte etc.

În fig. 12.6; 12.7; 12.8; 12.9 sunt prezentate câteva piese ajutătoare.

B. ***Modificări ale mediului ambiant***

O serie de activităţi uzuale sunt dificil sau imposibil

Fig. 12.6. – Adaptare pentru receptorul de telefon.

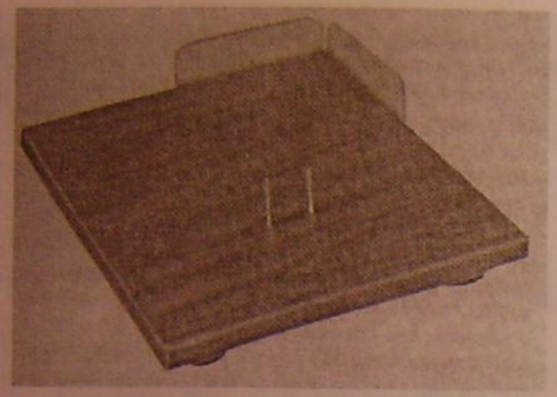


Fig. 12.7. – Placă de lucru la bucătărie pentru fixat alimentele.

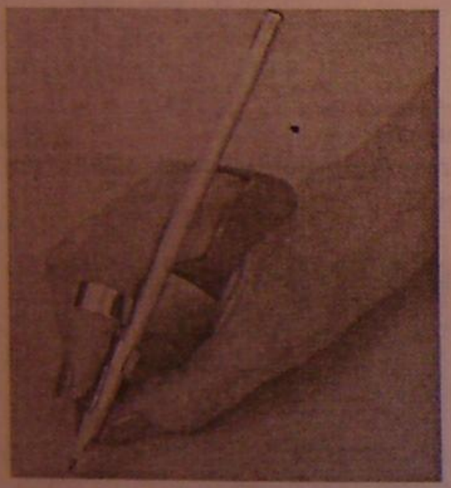


Fig. 12.8. – Adaptare pentru scris.

de executat de unii pacienţi datorită condiţiilor nefavorabile de mediu pentru deficitele lor funcţionale. Un exemplu simplu: înălţimea scărilor la mijloacele de transport în comun pentru pacienţii cu flexie limitată a şoldului sau genunchiului creează dificultăţi mari la urcatul şi coborâtul din mijlocul de transport. În casă o serie de amenajări simple permit desfăşurarea în relativ bune condiţii a ADL-urilor.

Spre exemplu, mutarea obiectelor de uz curent pe rafturi şi sertare la nivelul posibilităţilor de abordare a membrelor superioare. Lipirea marginilor covorului cu scotch şi desfiinţarea covoraşelor care alunecă în camerele pacienţilor cu tulburări de mers (hemiplegici, parkinson, scleroză în plăci etc.), confecţionare de plan înclinat amovibil peste scările de la intrare, crearea de balustrade de mână sau elevatoare simple în casele cu etaj.

Schimbări ale modalităţilor de deschidere-închidere a uşilor sau ferestrelor care să permită pacienţilor accesul la ele. Ameliorarea iluminatului afară sau la locul de muncă, amenajări ale locului de muncă etc.

Sunt suficiente exemple ca să se înţeleagă că schimbări aduse mediului de viaţă al pacientului pentru a-şi putea realiza ADL-urile reprezintă un obiectiv deosebit de important şi eficient. Frecvent, în legislaţia unor ţări sunt prevăzute astfel de amenajări generale cum ar fi: înălţimea treptelor de la scări, construirea în instituţii publice de pante pentru scaunul cu rotile, WC-uri pentru imobilizaţii în scaun, înălţimea treptei la vehiculele comune, dotarea acestora cu sisteme de elevare a pacientului în scaun cu rotile, construcţii de maşini pentru a fi conduse de paraplegici, în săli de spectacole locuri special amenajate pentru paraplegicii în scaunele lor cu rotile etc.

12.9. *TERAPIE OCUPAŢIONALĂ ÎN ŞCOLI*

Există de multe decenii şcoli specializate pentru copiii handicapaţi în care se încearcă o adaptare a programului de învăţământ la capacitatea fizică şi psihică a acestor copii. Şi la noi în ţară funcţionează de mult astfel de şcoli. Unele au în structură şi o serie de ateliere şi săli pentru recuperarea funcţională. Putem afirma că în aceste şcoli se aplică terapia ocupaţională (cum şi cât de eficient este o altă problemă).

Fig. 12.9. – Scaun anexă pentru W.C.

Din păcate, se face o importantă eroare când se consideră că admiterea la o şcoală specială înseamnă ipso facto şi admiterea la programul de TO.

Organizarea de TO în şcoli, şi nu numai în cele speciale, a fost considerată extrem de utilă deoarece recuperarea se desfăşoară concomitent cu educaţia elevilor şi copiilor, iar pe de altă parte, TO se focalizează pe acele abilităţi necesare vieţii de elev permiţând un acces cât mai complet elevilor în mediul de învăţământ.

Astfel TO se ocupă de toate activităţile elevilor, de la scris, modul de stat în bancă, mişcarea în jurul băncilor şi pe culoar, scrisul la tablă şi arătatul la hartă, experienţele în laboratoare până la activităţile recreaţionale în pauze sau în timpul liber.

În acelaşi timp, TO împreună cu profesorii şi conducerea şcolii se preocupă de schimbarea mediului ambiant (condiţiile din clasă, materialul didactic) pentru a asigura toate facilităţile de participare la viaţa de şcolar.

Un elev intră în programul de TO indiferent dacă este într-o şcoală obişnuită sau o şcoală specială pentru handicapaţi numai după ce a fost evaluat după criteriile TO şi se consideră că este necesar şi că ar beneficia de un astfel de program.

Aducerea TO la nivelul şcolii a avut şi avantajul de a nu scoate elevii din programul de învăţământ pentru asistenţa de recuperare şi, în plus, a opera cu programe legate de înseşi activităţile şcolăreşti.

12.10. *TERAPIA OCUPAŢIONALĂ LA VÂRSTNICI*

În ultimele 2-3 decenii preocupările medicale legate de vârstnici s-au amplificat căci procentul numeric din masa populaţională a unei ţări creşte vertiginos. În Franţa spre exemplu se consideră că 45-50% din populaţie este peste 60 de ani.

Organizaţia mondială a sănătăţii clasifică astfel vârstele:
45-59 de ani : vârstă medie;
60-74 de ani : vârstnic;
75-90 de ani : bătrân;
peste 90 de ani : foarte bătrân.

Statisticile arată că peste 40% din persoanele cu incapacităţi sunt peste 65 de ani.

Se ştie că persoanele în vârstă cumulează incapacităţi datorită vârstei mai ales la nivelul aparatului locomotor, organelor de simţ, aparatului cardiorespirator, la care se adaugă diverse afecţiuni dobândite în cursul vieţii sau sechele posttraumatice. În general aceste afecţiuni apar şi se înmulţesc şi ele odată cu trecerea anilor. La toate aceste tulburări ale componentei fizice, trebuie avută în vedere scăderea continuă a componentei psihice, a tulburărilor de cogniţie, a greutăţilor de adaptare psihologice şi sociale. Ca o concluzie, după vârsta a 3-a gradul de dependenţă devine tot mai mare, ceea ce reclamă tratament, ajutor, asistare parţială sau totală. Bătrâneţea este deci un proces care determină. schimbări fiziologice, psihologice cognitive şi sociale.

Această complexitate a afectării stării de sănătate a bătrânilor i-a condus în mod natural pe aceştia spre terapia ocupaţională, terapia care are la bază filosofia holistică a individului, adică a unităţii indisolubile între fizic şi psihic.

Importanţa pe care TO o acordă vârstnicilor se poate deduce şi din faptul că AOTA a găsit necesar să înfiinţeze o secţie specială, separată pentru aceste persoane *(American Occupational Therapy Association's Gerontology Special Interest Section)*. Este explicabilă această preocupare deoarece alcătuirea şi aplicarea unui plan de TO la vârstnici este o problemă deloc simplă.

Prima acţiune a terapistului este evaluarea deosebit de atentă şi interpretarea corectă a situaţiei clinico-funcţionale. Nu este uşor să faci diferenţa între mersul unui bătrân determinat de procesele de decondiţionare şi mersul unui bătrân afectat de diferite afecţiuni (reumatismale, neurologice, psihice etc.).

Evaluarea, aşadar, are rolul nu numai de a inventaria deficitele pe diverse componente ale ariilor de performanţă, ci şi de a încadra pacientul în una din următoarele 3 categorii:

1. Persoane vârstnice sănătoase cu incapacităţi funcţionale fizice şi psihologice determinate de sindromul de dezadaptare prin pierderea treptată a activităţilor fizice şi psihice prin decondiţionarea sedentarului (termen pe care aici trebuie să-l înţelegem nu numai legat de antrenamentul fizic, ci şi psihic). Această categorie trebuie depistată şi luată în tratament cât mai precoce putându-se obţine rezultate deosebit de bune.

2. Persoane vârstnice relativ active cu independenţă conservată care fac o boală cu caracter disfuncţional, adică situaţia oricărei alte persoane de vârstă medie sau tânără. Astfel apariţia unei fracturi de şold operată cu proteză totală, instalarea unei hemiplegii, unei paralizii de nervi periferici, o sechelă după un politraumatism, o decompensare psihică depresivă etc. necesită programe similare de TO ca pentru oricare alt pacient cu aceleaşi afecţiuni.

3. Persoane vârstnice care poartă o încărcătură disfuncţională cumulativă. Pe un fond de degradare dezadaptativă de vârstă se suprapun sechele mai vechi de traumatisme sau deficite ale unor boli cronice, totul agravat de apariţia unor noi suferinţe fizice sau psihice.

Asistenţa de TO la aceste persoane este dificilă trebuind să se dea dovadă de mult pragmatism pentru a alege din ariile de performanţă părţile cele mai importante şi posibile de refăcut.

TO la vârstnici se organizează în spitale (unde durata de internare este mai mare), în secţii de geriatrie, în „nursing home"-uri, în servicii ambulatorii, la domiciliu. Câteva precizări doar pentru două din aceste locuri.

Nursing home este un sistem de supraveghere şi îngrijire a vârstnicilor cu grade diferite de handicap care nu pot fi ajutaţi la domiciliu de membrii familiei. Nursing home este o unitate medico-socială care desigur are cheltuieli per bolnav de 5-10 ori poate mai mici decât în spital. Multe nursing home-uri şi-au organizat şi condiţii de asistenţă recuperatorie cu terapişti ocupaţionali şi/sau kinetoterapeuţi. TO din aceste unităţi organizează ocupaţii de tip ADL şi parţial agrement. Aspecte profesionale sau reprofesionalizare nu se mai pun.

Domiciliul este de asemenea un loc de desfăşurare a activităţilor ocupaţionale pentru bătrâni. Ca şi în nursing home-uri, accentul se pune pe recâştigarea ADL-urilor. Activităţile respective sunt iniţiate de terapist şi sunt supravegheate, asistate sau ajutate de membrii din familie.

Pentru vârstnici, rămânerea în habitatul lui nu-i mai creează elemente noi de stres, motiv ce se concretizează în rezultatele foarte bune obţinute prin TO la domiciliu.

12.11. *TERAPIA PRIN MUZICĂ*

Este o problemă, deloc minoră cum cred unii, legată strâns atât de TO în general şi în mod special de TO la bătrâni.

În 1992 Mac Rae arăta că muzica este modalitatea terapeutică ideală pentru TO, căci răspunde perfect filosofiei holistice a acestei terapii.

Muzica are calitatea unică şi esenţială de a determina răspunsuri emoţionale, fizice, sociale şi spirituale la vârstnici (şi nevârstnici). Prin muzică mintea şi corpul îşi desăvârşesc unitatea.

Trebuie precizat aici că vorbim de muzică ca „metodă terapeutică" şi nu ca fundal muzical în timpul şedinţelor de kinetoterapie sau TO (mai ales la copii). Muzica este considerată nu ca un auxiliar, ci ca o „metodă terapeutică de bază".

Să amintim rolul muzicii dovedit în biologie în domeniul creşterii şi dezvoltării fiinţelor vii, inclusiv plante. Experienţele cu ouatul păsărilor sau cantitatea de lapte influenţate în mod pozitiv de o anumită muzică şi în mod negativ de o alta, sunt prea bine cunoscute. Sau îmblânzirea şi dresarea animalelor sălbatice cu ajutorul muzicii.

Efectele muzicii asupra omului sunt bine cunoscute, ele raportându-se la toată complexitatea umană. Astfel:

– Efectele fizice se concretizează fie în relaxare generală, scădere de tonus muscular, fie din contră în promovare de mişcări ritmice ale corpului întreg sau ale segmentelor corpului.

– Efectele psihologice prin influenţarea „dispoziţiei" individului care poate deveni mai alert, gata de acţiune sau din contră mai liniştit, apatic.

– Efectele cognitive se concretizează prin creşterea capacităţii intelectuale, creşterea memoriei, ameliorarea concentraţiei.

– Efectele sociale se manifestă prin modificări ale comportamentului social (ex. Rolul imnurilor sau al sunetelor trompetelor, cimpoaielor în război, devastarea sălilor de concert în concertele rock, muzica religioasă de apropiere interumană etc.).

TO utilizează muzica urmărind câteva obiective precise:

a) Pentru creşterea schemelor ritmice de mişcare (mai ales la bătrânii hipokinetici) sau pentru promovarea mişcărilor la deficienţii motori.

b) Pentru realizarea despasticizării, a decontractării.

c) Pentru relaxarea generală psiho-somatică.

d) Pentru socializarea individului în cadrul grupului de lucru.

e) Pentru ameliorarea tulburărilor cognitive (ex. ameliorarea memoriei în alzheimer).

f) Pentru reechilibrare psihică prin scăderea anxietăţii sau depresiei.

S-a putut observa că rezultatele obţinute sunt în funcţie de tipul de muzică şi de particularităţile individului. Încă nu există posibilitatea standardizării unei terapii prin muzică. Ea rămâne o terapie individuală care trebuie tatonată şi adaptată fiecărui pacient. Nu există nici o tehnică de lucru bine stabilită. În prezent şedinţele de muzică durează între 10-60 min zilnic. Majoritatea serviciilor de TO utilizează şedinţe de 30 min. Se fac mai multe serii pe an.

Terapia prin muzică – deşi acceptată principial de aproape toată lumea – are nevoie încă de cercetări ştiinţifice serioase, de o practică mai răspândită şi mai ales de cursuri de instruire şi documentaţie necesară.

12.12. *TRANSFERUL PACIENŢILOR*

Probabil că de câteva mii de ori pe zi noi ne transferăm greutatea corpului de pe un picior pe altul, din ortostatism pe scaun sau în pat sau invers, din maşină afară şi din nou în maşină etc. Nu dăm niciodată atenţie acestei acţiuni de transfer, dar pentru un individ cu deficit funcţional acest transfer poate fi deosebit de dificil sau chiar imposibil, ceea ce îl transformă într-un invalid dependent.

Evaluarea capacităţii de transfer a pacienţilor şi corectarea deficitului de transfer prin învăţarea pacientului a tehnicilor de transfer adecvate pentru deficitul lor funcţional sunt obiective majore ale TO. De asemenea, învăţarea membrilor de familie şi îngrijitorului cum să ajute pacientul pentru transfer.

Există 3 tipuri de tehnici pentru transfer:

1. *Transferurile independente* în cazul realizării lor de către pacient singur după indicaţiile precise şi după o perioadă de antrenament. Fiecare situaţie de transfer îşi are tehnica lui. În fig. 12.10; 12.11; 12.12; 12.13 sunt arătate 4 situaţii de transfer (din şezând în orto, din scaunul cu rotile pe scaun obişnuit cu şi fără ajutorul scândurii de transfer, din scaunul cu rotile în pat).

Fig. 12.10. – Transfer din şezând în ortostatism.

2. *Transferurile asistate* de una sau două persoane care ajută (într-un mod anumit) ca pacientul să se scoale din pat şi să se aşeze în scaunul cu rotile sau de aici în baie etc. În fig. 12.14, 12.15 este un exemplu de ajutor prin priză pe pelvis şi alt exemplu prin priză de antebraţ.

3. *Transferuri prin liftare* cu sau fără scripeţi. Se utilizează instalaţii mai simple sau mai complexe pentru ridicarea pacienţilor şi reaşezarea lor. Astfel de transferuri sunt pentru pacienţi care nu au nici o participare la transfer, invaliditatea fiind totală. De obicei aceste transferuri se fac în secţiile de terapie şi mai ales hidrokinetoterapie când pacientul este

Muzica are calitatea unică şi esenţială de a determina răspunsuri emoţionale, fizice, sociale şi spirituale la vârstnici (şi nevârstnici). Prin muzică mintea şi corpul îşi desăvârşesc unitatea.

Trebuie precizat aici că vorbim de muzică ca „metodă terapeutică" şi nu ca fundal muzical în timpul şedinţelor de kinetoterapie sau TO (mai ales la copii). Muzica este considerată nu ca un auxiliar, ci ca o „metodă terapeutică de bază".

Să amintim rolul muzicii dovedit în biologie în domeniul creşterii şi dezvoltării fiinţelor vii, inclusiv plante. Experienţele cu ouatul păsărilor sau cantitatea de lapte influenţate în mod pozitiv de o anumită muzică şi în mod negativ de o alta, sunt prea bine cunoscute. Sau îmblânzirea şi dresarea animalelor sălbatice cu ajutorul muzicii.

Efectele muzicii asupra omului sunt bine cunoscute, ele raportându-se la toată complexitatea umană. Astfel:

– Efectele fizice se concretizează fie în relaxare generală, scădere de tonus muscular, fie din contră în promovare de mişcări ritmice ale corpului întreg sau ale segmentelor corpului.

– Efectele psihologice prin influenţarea „dispoziţiei" individului care poate deveni mai alert, gata de acţiune sau din contră mai liniştit, apatic.

– Efectele cognitive se concretizează prin creşterea capacităţii intelectuale, creşterea memoriei, ameliorarea concentraţiei.

– Efectele sociale se manifestă prin modificări ale comportamentului social (ex. Rolul imnurilor sau al sunetelor trompetelor, cimpoaielor în război, devastarea sălilor de concert în concertele rock, muzica religioasă de apropiere interumană etc.).

TO utilizează muzica urmărind câteva obiective precise:

a) Pentru creşterea schemelor ritmice de mişcare (mai ales la bătrânii hipokinetici) sau pentru promovarea mişcărilor la deficienţii motori.

b) Pentru realizarea despasticizării, a decontractării.

c) Pentru relaxarea generală psiho-somatică.

d) Pentru socializarea individului în cadrul grupului de lucru.

e) Pentru ameliorarea tulburărilor cognitive (ex. ameliorarea memoriei în alzheimer).

f) Pentru reechilibrare psihică prin scăderea anxietăţii sau depresiei.

S-a putut observa că rezultatele obţinute sunt în funcţie de tipul de muzică şi de particularităţile individului. Încă nu există posibilitatea standardizării unei terapii prin muzică. Ea rămâne o terapie individuală care trebuie tatonată şi adaptată fiecărui pacient. Nu există nici o tehnică de lucru bine stabilită. În prezent şedinţele de muzică durează între 10-60 min zilnic. Majoritatea serviciilor de TO utilizează şedinţe de 30 min. Se fac mai multe serii pe an.

Terapia prin muzică – deşi acceptată principial de aproape toată lumea – are nevoie încă de cercetări ştiinţifice serioase, de o practică mai răspândită şi mai ales de cursuri de instruire şi documentaţie necesară.

12.12. *TRANSFERUL PACIENŢILOR*

Probabil că de câteva mii de ori pe zi noi ne transferăm greutatea corpului de pe un picior pe altul, din ortostatism pe scaun sau în pat sau invers, din maşină afară şi din nou în maşină etc. Nu dăm niciodată atenţie acestei acţiuni de transfer, dar pentru un individ cu deficit funcţional acest transfer poate fi deosebit de dificil sau chiar imposibil, ceea ce îl transformă într-un invalid dependent.

Evaluarea capacităţii de transfer a pacienţilor şi corectarea deficitului de transfer prin învăţarea pacientului a tehnicilor de transfer adecvate pentru deficitul lor funcţional sunt obiective majore ale TO. De asemenea, învăţarea membrilor de familie şi îngrijitorului cum să ajute pacientul pentru transfer.

Există 3 tipuri de tehnici pentru transfer:

1. *Transferurile independente* în cazul realizării lor de către pacient singur după indicaţiile precise şi după o perioadă de antrenament. Fiecare situaţie de transfer îşi are tehnica lui. În fig. 12.10; 12.11; 12.12; 12.13 sunt arătate 4 situaţii de transfer (din şezând în orto, din scaunul cu rotile pe scaun obişnuit cu şi fără ajutorul scândurii de transfer, din scaunul cu rotile în pat).

Fig. 12.10. – Transfer din şezând în ortostatism.

2. *Transferurile asistate* de una sau două persoane care ajută (într-un mod anumit) ca pacientul să se scoale din pat şi să se aşeze în scaunul cu rotile sau de aici în baie etc. În fig. 12.14, 12.15 este un exemplu de ajutor prin priză pe pelvis şi alt exemplu prin priză de antebraţ.

3. *Transferuri prin liftare* cu sau fără scripeţi. Se utilizează instalaţii mai simple sau mai complexe pentru ridicarea pacienţilor şi reaşezarea lor. Astfel de transferuri sunt pentru pacienţi care nu au nici o participare la transfer, invaliditatea fiind totală. De obicei aceste transferuri se fac în secţiile de terapie şi mai ales hidrokinetoterapie când pacientul este

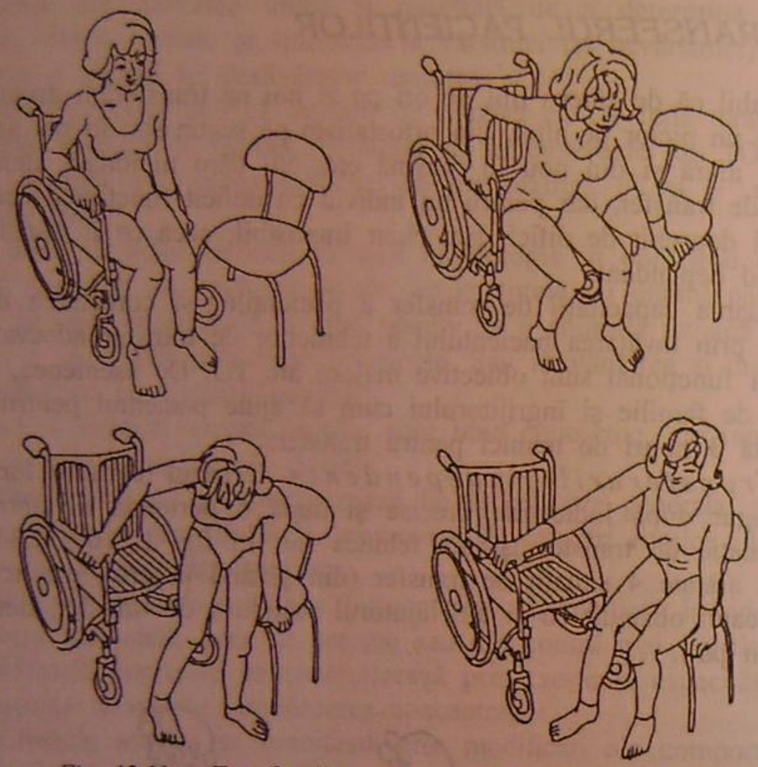


Fig. 12.11. – Transfer din scaun cu rotile pe scaun obişnuit.

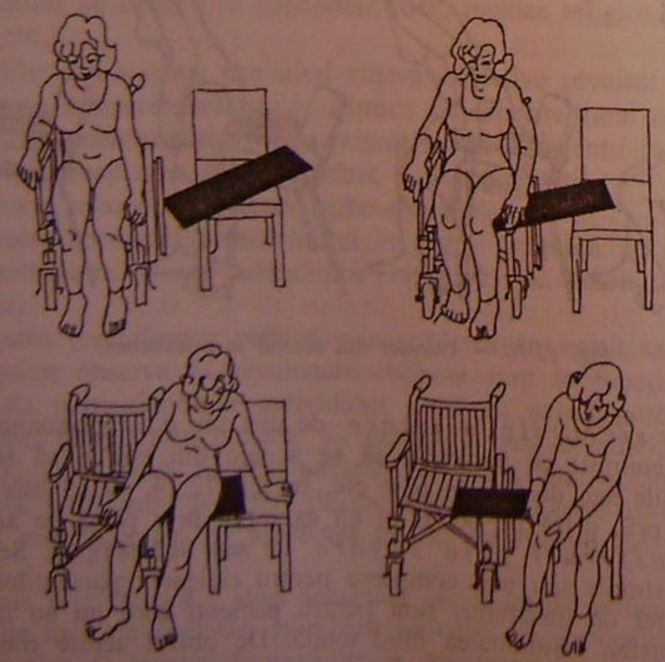


Fig. 12.12. – Transfer din scaun cu rotile pe scaun obişnuit cu ajutorul seândurii.

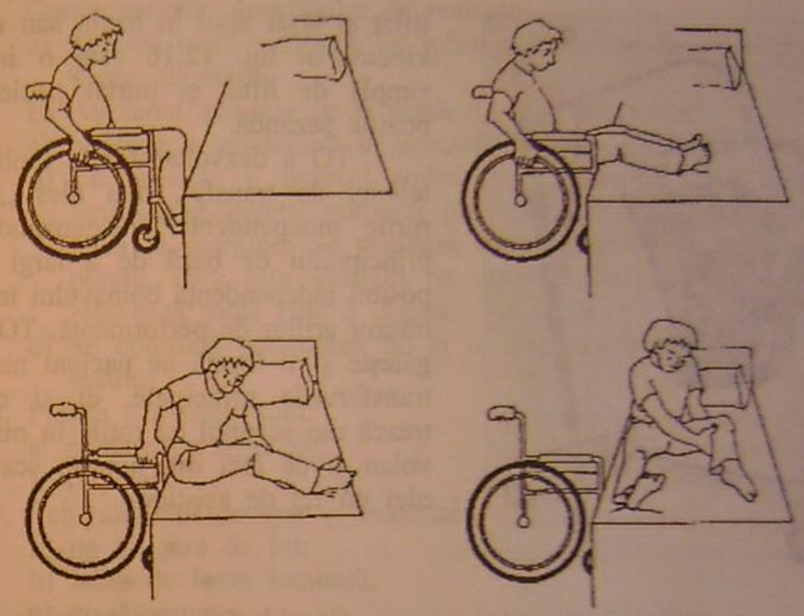


Fig. 12.13. – Transfer din scaun cu rotile pe pat.

Fig. 12.14. – Ajutor cu priză de pelvis.

Fig. 12.15. – Ajutor cu priză de antebraţ.

Fig. 12.16. – Instalaţie simplă de liftat pacienţii.

liftat şi lăsat apoi în bazin sau cada de kineto. În fig. 12.16 este o instalaţie simplă de liftat şi purtat pacientul în poziţie şezândă.

TO a dezvoltat foarte mult aceste tehnici de transfer, mai ales „transferurile independente" răspunzând astfel principiului de bază de a lărgi maxim posibil independenţa bolnavului în cadrul tuturor ariilor de performanţă. TO îl pregăteşte şi îl învaţă pe pacient nu numai transferurile principale, ci şi cum să treacă din scaunul cu rotile în maşină la volan şi de aici din nou în scaun fără nici un fel de asistare.

*
* *

Considerăm că noţiunile despre terapia ocupaţională descrise mai sus sunt suficiente pentru a oferi kinetoterapeutului înţelegerea pentru această terapie, soră bună cu terapia pe care o practică el.

Prezentarea s-a limitat la ceea ce s-ar putea numi TO generală, cea specială fiind studierea aplicării practice a metodologiei şi metodelor TO în diverse infirmităţi şi incapacităţi precum şi modalitatea concretă de evaluare a deficitelor.

Desigur că prezentarea acestei TO speciale nu-şi găseşte locul aici, ci în tratatele de specialitate.

Doar pentru exemplificare, pentru a se înţelege cât mai bine modalitatea de lucru în TO, adăugăm în continuare o anexă care va prezenta planul de „activitate esenţială" pentru un pacient care a suferit o intervenţie pe flexorii degetelor de la mână.

Programul de asistenţă recuperatorie prin TO este mult mai complex, el cuprinzând şi activităţi adjuvante (electroterapie, crioterapie, ortezare, exerciţii terapeutice etc.).

12.13. *ANEXĂ*

Planul de „activitate esenţială" pentru un pacient operat pe flexorii degetelor de la mână

I. *Informaţii preliminare*

1. Denumirea activităţii: olărit (piese de lut lucrate cu degetele).

2. Componentele obiectivului de realizat:
   a) Rularea unei bucăţi de lut (plastilină etc.) realizând o bulă de 7-8 cm diametru;
   b) Aşezarea acesteia pe o placă de lemn pe masă;
   c) Se face o adâncitură în această bilă cu policele;
   d) Cu policele şi indexul ambelor mâini se presează în jur construindu-se pereţii viitoarei piese (un mic bol) din profunzime până la margine. Se presează cu policele (înăuntrul vasului) pe perete, care este susţinut pe dinafară de index şi medius. Se relaxează toate cele 3 degete;
   e) Se continuă activitatea de la d) până se obţine forma dorită a vasului.
3. Părţile activităţii sunt:
   a. presare cu degetele;
   b. relaxare.
4. Echipamentul necesar şi materiale
   a) un bulgăre de lut;
   b) tablă de lemn lucioasă;
   c) masă-scaun;
   d) burete şi recipient cu apă;
   e) o sculă de ceramică netedă.
5. Mediul
   – cameră de lucru TO aerisită, încălzită, luminată;
   – sau la domiciliu.
6. Poziţia pacientului
   – şezândă cu faţa la masa pe care este placa de lemn.
7. Standard: – articulaţia scapulohumerală uşor abdusă şi rotată intern
   – cot pronat la 45°;
   – pumn: uşor extins, deviat ulnar, police în opoziţie cu indexul şi mijlociul.
8. Ce scheme de mişcare se realizează
   – flexia metacarpofalangiană şi interfalangiană a indexului şi mediusului;
   – flexia şi opoziţia policelui.

Apoi urmează relaxarea:
– extensia MCF şi IF a indexului şi mediusului;
– extensia şi abducţia palmară a policelui.

II. *Analiza motorie*

1. Articulaţiile şi muşchii angrenaţi în activitate
   – se specifică câtă amplitudine de mişcare (minimă, medie, maximă) pentru fiecare articulaţie;
   – câtă forţă: minimală (2-3)
     moderată (3-4)
     completă (4-5)
   – ce tip de contracţie (isotonă, isometrică, concentrică).

2. Gradarea activităţii
   a) Pentru amplitudine articulară nu se poate grada;
   b) Pentru forţă da (mărind consistenţa lutului);
   c) Pentru anduranţă da (mărind durata activităţii);
   d) Pentru coordonare da (decorând bolul sau făcând mici figurine de lut);
   e) Pentru echilibru eventual (lucrând din picioare şi variind poligonul de susţinere pentru antrenarea balansului).

III. *Analiza senzorială*

1. Se înregistrează cum se recepţionează stimulii în cadrul activităţii veniţi de la: poziţie, mişcare, materiale etc.

IV. *Analiza cognitivă*
- memoria: să-şi aducă aminte de instrucţiunile date pentru lucru;
- rezolvare de probleme: ce va face dacă lutul este prea uscat sau prea umed sau dacă pereţii bolului sunt prea subţiri sau prea groşi;
- noţiunea de secvenţialitate: să respecte ordinea în care realizează bolul;
- concentrare/atenţie: să realizeze un produs final corect executat.

V. *Factori de securitate:* în această activitate nu se ridică probleme de securitate, dar se urmăreşte din acest punct de vedere cum stă pe scaun, cum foloseşte materialele etc.

VI. *Aspecte interpersonale ale activităţii:*
- activitate solitară;
- se poate realiza şi alături de alţi pacienţi, dar fără interferare între ei.

VII. *Factori psihologici/psihosociali*

1. Simbolism în cultura indivizilor: se poate da ambelor sexe şi la oameni simpli, dar se poate complexa prin asocierea de elemente artistice decorative.

2. Înţeles simbolic al activităţii: este o activitate mai mult de agrement decât de muncă propriu-zisă cu produs final vandabil. Ca o joacă de copil (dar îşi păstrează caracterul de „activitate esenţială").

3. Senzaţii/reacţii evocate de această activitate:
- pentru unii este o activitate murdară. Pentru alţii nu;
- produsul este „simpatic", uşor de realizat;
- activitatea este creativă, individuală şi utilă.

VIII. *Utilizare terapeutică*

1. Stări pentru realizarea unui scop („de a face mici vase din lut").
2. Stări cu obiective precise terapeutice:
- creşterea forţei pentru pensa digitală;
- ameliorarea coordonării pensei de opoziţie a policelui;
- creşterea toleranţei de a sta timp mai îndelungat în şezut.

Capitolul 13

EXERCIŢIUL AEROBIC ŞI ANTRENAMENTUL LA EFORT*

13.1. *DEFINIREA TERMENILOR* 515
13.1.1. **Fitness** 515
13.1.2. **Rezistenţa generală (anduranţa)** 516
13.1.3. **Consumul maxim de O_2** 516
13.1.4. **Antrenarea** 517
13.1.5. **Adaptarea** 517
13.1.6. **Consumul miocardic maxim de O_2** 517
13.1.7. **Decondiţionarea** 518
13.1.8. **Dezantrenarea** 518
13.2. *PROCESUL ENERGETIC* 518
13.2.1. **Sisteme energetice** 518
13.2.1.1. *Sistemul ATP-PC* 519
13.2.1.2. *Sistemul glicolitic anaerobic* 519
13.2.1.3. *Sistemul aerobic* 519
13.2.1.4. *Recrutarea unităţilor motorii* 520
13.2.2. **Raportul energetic cost/eficienţă** 521
13.3. *RĂSPUNSURI FIZIOLOGICE LA EXERCIŢIUL AEROBIC* 522
13.3.1. **Răspuns metabolic celular local** 523
13.3.2. **Răspunsul cardiovascular** 524
13.3.3. **Răspunsul respirator** 526
13.4. *ADAPTĂRILE FIZIOLOGICE* 526
13.4.1. **Adaptările metabolice** ... 527
13.4.1.1. *Schimbări în repaus* 527
13.4.1.2. *Schimbări ce apar în efort* 527
13.4.2. **Adaptări cardiovasculare** 529
13.4.2.1. *Schimbări în repaus* 529
13.4.2.2. *Schimbări ce apar în efort* 529
13.4.3. **Adaptări respiratorii** 531
13.4.3.1. *Schimbări în repaus* 531
13.4.3.2. *Schimbări ce apar în efort* 531
13.4.4. **Alte adaptări** 533
13.4.4.1. *Modificări sanguine* 533
13.4.4.2. *Modificări constituţionale* 534
13.4.4.3. *Modificări de aclimatizare* 534
13.4.4.4. *Modificări metabolice* 535
13.4.4.5. *Modificări psihice* 536
13.5. *EXERCIŢIUL AEROBIC ÎN ASISTENŢA MEDICALĂ* 537
13.5.1. **Antrenamentul la bolnavii imobilizaţi sau la sedentari** 538
13.5.2. **Antrenamentul la vârstnici** 540
13.5.3. **Antrenamentul la cardiovasculari** 541
13.5.4. **Antrenamentul la bronhopulmonari** 544
13.5.5. **Antrenamentul în boala canceroasă** 545
13.5.6. **Antrenamentul în bolile psihice** 546
13.6. *DEZANTRENAREA* 546
13.7. *TEHNICA EXERCIŢIILOR AEROBICE* 547
13.7.1. **Intensitatea** 548

* Acest capitol va avea la sfârşit o anexă despre *„Exerciţiul anaerobic"*.

13.7.2. **Durata** 550
13.7.3. **Frecvenţa** 550
13.7.4. **Modul de antrenament** .. 551
13.7.5. **Programe de antrenament** 552
13.7.5.1. *Perioada de încălzire* 553
13.7.5.2. *Perioada de exerciţii aerobice propriu-zise* 554
13.7.5.3. *Perioada de răcire* 555
13.7.6. **Modele practice de antrenament** 556
13.7.6.1. *Antrenament aerobic pentru forţă* 556
13.7.6.2. *Antrenament aerobic pentru anduranţă* 558
13.7.6.3. *Antrenament aerobic pentru flexibilitate* 559
13.8. *TESTAREA EXERCIŢIILOR AEROBICE* 563
13.8.1. **Cum testăm?** 563
13.8.1.1. *Testare pentru persoane tinere sau de vârstă medie sănătoase* 564
13.8.1.2. *Testare pentru persoane vârstnice şi pentru bolnavi* 565
13.8.1.3. *Testare pentru sportivi* 567
13.8.2. **Ce testăm?** 569
13.9. *EXERCIŢIUL ANAEROBIOTIC (ANEXA)* 570

Kinetoterapia nu se adresează numai unui teritoriu localizat, unui segment al corpului, unui grup muscular sau unei articulaţii şi nici nu se rezumă sub raport funcţional în a creşte mobilitatea articulară, forţa şi rezistenţa unor muşchi sau coordonarea mişcărilor unor segmente.

Toate capitolele de până acum au privit bazele teoretice şi practice ale kinetoterapiei mai ales prin prisma „sistemului articulaţiei unice" fără să se preocupe de influenţa acesteia asupra organismului în general.

Dar kinetoterapia se poate adresa, de asemenea, prin intermediul aparatului locomotor şi altor aparate şi sisteme (cardiovascular, respirator, metabolic etc.) a căror funcţie o întreţine, o ameliorează sau redresează. În acelaşi timp, kinetoterapia poate influenţa organismul întreg privit ca o entitate, îndeplinind aceleaşi obiective de întreţinere, ameliorare sau refacere a funcţiei integrative, respectiv „a stării de sănătate". Desigur că acest ultim obiectiv kinetoterapia îl realizează prin sumarea tuturor efectelor pozitive ale ei asupra aparatelor şi sistemelor de mai sus.

Prin această influenţă kinetoterapia îşi realizează efectele profilactice, terapeutice şi de recuperare asupra organismului întreg sau doar asupra unor aparate şi sisteme.

În acest mod, kinetoterapia îşi găseşte un loc de bază în asistenţa unor boli cronice (în special) ale aparatului cardiovascular, respirator, a unor boli metabolice sau a unor boli psihice etc., după cum reprezintă un element major în profilaxia sau „tratarea" sedentarismului, a bătrâneţii, respectiv a ceea ce numim „decondiţionarea" organismului. În sfârşit tot prin mijloacele kinetoterapiei se realizează creşterea capacităţii de muncă, creşterea performanţelor fizice şi psihice ale individului sau a „stării de bine".

Prezentul capitol se înscrie în cadrul acestui rol general pe care îl are kinetoterapia.

În acest cadru vom afecta un subcapitol numai problemelor legate de efectele medicale ale acesteia, adică despre „Ştiinţa antrenamentului medical" cum o numeşte Haber P.

*
* *

S-a spus că „mişcarea este viaţă" şi mai adăugăm noi „sănătate". Această aserţiune ridică însă logic întrebările: *„Care mişcare?" „Câtă mişcare?" „În ce condiţii de mişcare?"*

La aceste întrebări vom încerca să răspundem în acest capitol ca şi la întrebarea de bază: *„cum"* realizează mişcarea starea de sănătate?

Exerciţiul aerobic s-a dovedit că este singurul care poate combate limitarea rezervelor funcţionale datorată vârstei, bolii sau incapacităţii. El diminuă stresul psihologic, ameliorează toleranţa pentru activităţile vieţii zilnice, ameliorează calitatea vieţii, reduce morbiditatea prin boli grave, aşa cum se va arăta în continuare.

13.1. *DEFINIREA TERMENILOR*

13.1.1. *Fitness*

Este un termen mult utilizat, mai ales în ultimul timp, dar departe de a fi bine definit şi uniform înţeles. Stricto sensum, este un termen general care indică nivelul de funcţionare a sistemului cardiovascular ca rezultat al unor rezerve energetice înalte. Exprimarea strictă a fitnessului se face prin valoarea capacităţii consumului maxim de O_2 ($\dot{V}O_2$ max), între cele 2 noţiuni existând un raport direct. De asemenea, un alt raport direct se stabileşte între riscul cardiac care scade pe măsură ce creşte $\dot{V}O_2$ max. Largo sensum se referă la performanţa optimă a organismului şi la starea lui de bine.

Se poate vorbi de „nivele" de fitness ce sunt determinate de vârstă, sex, ereditate, grad de inactivitate sau antrenament, stare de boală etc.

Un nivel de fitness este dependent de O_2 transportată la nivelul masselor musculare în activitate, precum şi de eficienţa muşchilor de a utiliza acest O_2.

Fitnessul unui atlet înseamnă performanţa de a alerga o lungă distanţă într-un anumit timp.

Fitnessul unui adult obişnuit înseamnă activitatea lui fizică la sfârşitul zilei de muncă sau la sfârşitul săptămânii.

Pentru un vârstnic, fitness reprezintă capacitatea lui de independenţă în casă, de a urca scări, de a merge pe jos distanţe mai mari sau de a munci în grădină, de a merge cu bicicleta, sau a înota etc. (dacă toate acestea din urmă le făcea şi înainte).

Pentru un elev sau student (nesportiv) fitness înseamnă participarea lui zilnică la programul de activităţi mentale şi fizice cerute de şcoală.

Fitnessul este dependent de rezistenţa generală a organismului. S-a încercat o standardizare de testare a nivelului fitnessului prin alergare: fie a distanţei parcurse în 12 min, fie a timpului obţinut într-o alergare de 2,5 km. Este incontestabil o modalitate ultra simplistă de a testa fitnessul (se va reveni asupra testărilor).

13.1.2. *Rezistenţa generală (anduranţa)*

Este considerată măsura fitnessului şi este definită drept „capacitatea de lucru pentru perioade lungi de timp fără să apară oboseala".

Anduranţa este dependentă de funcţia pulmonară, de capacitatea de transport a O_2 de către sânge, de funcţia cardiacă, de capacitatea ţesuturilor de a extrage O_2 şi de potenţialul oxidativ muscular.

Deşi puţin cam simplist, anduranţa generală a organismului este considerată sinonimă cu anduranţa cardiacă.

Există şi o anduranţă musculară (locală) despre care s-a vorbit într-un alt capitol.

13.1.3. *Consumul maxim de O_2 ($\dot{V}O_2$ max)*

$\dot{V}O_2$ max se referă la capacitatea aerobică maximă sau puterea aerobică maximă şi reprezintă capacitatea rezistenţei cardiovasculare. $\dot{V}O_2$ max este cel mai bun indice de apreciere a rezervelor cardiovasculare şi a fitnessului fizic.

Într-adevăr, aşa-numitul *„fitness aerobic"* este cel mai bine apreciat, cuantificat, pe baza măsurării $\dot{V}O_2$ max care ne arată valoarea transportului şi utilizării O_2 de către organism.

Aşa-numita *„anduranţă aerobică"* nu se măsoară prin $\dot{V}O_2$ max, ci prin abilitatea de a putea executa un travaliu prelungit. Valoarea $\dot{V}O_2$ max fiind doar o componentă a performanţei rezistenţei organismului.

Prin această prismă a $\dot{V}O_2$ max, se consideră că *„fitnessul aerobic"* şi *„anduranţa aerobică"* sunt 2 componente separate ale „metabolismului aerobic" – motiv pentru care s-a propus utilizarea expresiei de *„fitness/anduranţă aerobică"* ca proces integrativ favorabil pe multiple planuri ale organismului (creşterea stării de sănătate, a capacităţii de efort şi muncă, a performanţei sportive, a profilaxiei unor boli etc.) (Chandler T.J., 1994).

$\dot{V}O_2$ max reprezintă consumul în ml de O_2 pe minut. El este definit prin formulă matematică astfel: $\dot{V}O_2$ max/ml/min = ritm cardiac × volum cardiac bătaie (ml) × diferenţa (a-v)O_2 (ml/dl sânge).

$\dot{V}O_2$ max variază în funcţie de sex, vârstă, ereditate, stare de boală. Dacă funcţia pulmonară este normală, ea nu poate reprezenta un factor limitativ (în caz de efort) a $\dot{V}O_2$ max. În schimb, capacitatea cardiovasculară este principalul factor limitativ al $\dot{V}O_2$ max în efort. Un al 2-lea factor este

posibilitatea muşchiului de a extrage O_2 din sânge. $\dot{V}O_2$ max poate fi crescut prin exerciţii de antrenare *(„conditioning exercises")*.

13.1.4. *Antrenarea*

Antrenarea *(conditioning)* este creşterea capacităţii energetice musculare prin intermediul unui program de exerciţii, al unui efort.

Pentru ca acest program să realizeze efectiv o antrenare, el trebuie să aibă o suficientă intensitate, durată şi frecvenţă.

Antrenarea realizează o adaptare a organismului la efort şi se concretizează prin creşterea nivelului de anduranţă.

13.1.5. *Adaptarea*

Adaptarea este un proces îndelungat care se produce în urma antrenamentului şi se reflectă în sistemul cardiovascular, respirator, metabolic şi muscular prin performanţă crescută la un travaliu şi o creştere a rezistenţei la oboseală.

Pentru a se produce adaptarea la efort sunt necesare câteva condiţii:

- Nivelul de fitness iniţial care determină capacitatea organismului de a se adapta. Dacă se pleacă de la un nivel mic, va fi necesar un antrenament mai susţinut pentru a se realiza adaptarea.
- Dacă se pleacă de la un nivel de fitness mai înalt, va fi necesar un antrenament la intensităţi mai mari ca să păşim într-un nivel superior.
- Pragul stimulului de antrenament (intensitate, durată, frecvenţă) este foarte variabil în funcţie de individ şi nivelul lui de fitness iniţial şi va trebui determinat la începutul antrenamentului.

13.1.6. *Consumul miocardic maxim de O_2 ($m\dot{V}O_2$)*

Se sublinia mai sus prioritatea cardiovasculară în instalarea nivelului de rezistenţă al organismului, al fitnessului, ca şi rolul acesteia în antrenament şi adaptare.

Pentru activitatea normală a cordului un consum adecvat de O_2 al miocardului este condiţie sine qua non.

Necesităţile de O_2 ale cordului sunt comandate de: ritmul cardiac, presiunea arterială, tensiunea din peretele ventricular stâng, capacitatea contractilă a cordului.

Aportul de O_2 la cord este dependent de conţinutul (presiunea) în O_2 a sângelui arterial, de disocierea O_2 hemoglobinic, de valoarea circulaţiei coronariene (care la rândul ei este determinată de presiunea diastolică din aortă, durata diastolei, rezistenţa la flux coronariană, de circulaţia colaterală).

Un cord normal care face faţă solicitărilor fizice realizează permanent un echilibru între cererea de O_2 şi aportul de O_2 chiar în eforturi maximale. Pierderea acestui echilibru determină instalarea ischemiei cardiace.

Dacă un cord are capacitatea de a extrage 70-75% O_2 din sângele arterial în timpul repausului trebuie să considerăm că în efort surplusul de O_2 cerut se realizează prin creşterea circulaţiei coronariene.

13.1.7. *Decondiţionarea*

Pierderea antrenamentului şi deci a adaptării o numim decondiţionare şi apare printr-un repaus prelungit necesar în anumite boli, dar şi datorită sedentarismului ca stil de viaţă al unui individ. În acest capitol decondiţionarea (mai ales sindromul de decondiţionare al bătrânilor) va fi discutată mai ales sub aspectul de indicaţie majoră a antrenamentului aerobic.

13.1.8. *Dezantrenarea*

Este de fapt tot o decondiţionare dar care apare la persoanele (sau sportivii) care, după săptămâni şi luni de zile de antrenament aerobic, îşi crescuseră performanţa fizică ($\dot{V}O_2$ max crescut, funcţia cardiacă îmbunătăţită, capacitatea oxidativă a musculaturii scheletice crescută etc.) şi dintr-un motiv sau altul opresc orice exerciţiu aerobic. În decurs doar de câteva săptămâni se pierde o mare parte din nivelul de fitness şi anduranţă obţinute.

Despre dezantrenare se va mai discuta într-un subcapitol special (vezi mai departe).

13.2. *PROCESUL ENERGETIC*

Despre modalităţile utilizate de muşchi pentru a-şi procura energia necesară activităţii lui s-a mai discutat într-un alt capitol al prezentei monografii.

Aici vom rezuma sistemele energetice ale organismului insistând pe modul în care aceste sisteme participă la activitatea fizică generală a organismului.

13.2.1. *Sisteme energetice*

Sunt sisteme metabolice (dar nu numai) care pe baza unor reacţii biochimice eliberează energia necesară travaliului muscular. „Combustibilul" specific pe care-l utilizează fibra musculară în activitatea de contracţie a sa fiind adenosintrifosfatul (ATP) care prin desfacere (ATP → ADP + P) eliberează energia necesară.

Intensitatea şi durata unei activităţi fizice sunt dependente de cantitatea de energie livrată, iar acest lucru îl realizează „sistemele energetice" ale organismului care sunt:

13.2.1.1. *Sistemul ATP - PC (adenosintrifosfat-fosfocreatinină)*

Fosfocreatinina este prima sursă energetică care „intră în foc" în primele 30 sec ale oricărui exerciţiu intens. Arderea ei nu necesită O_2. Fosfocreatinina ca şi ATP sunt stocate în celula musculară, stocurile refăcându-se în perioadele de repaus muscular.

Deşi capacitatea maximă a sistemului este mică (0,7 moli ATP), puterea lui este mare (3,7 moli ATP/min).

Aşadar, acest sistem energetic furnizează energie doar în momente de activităţi fizice scurte şi rapide.

13.2.1.2. *Sistemul glicolitic anaerobic*

Sursa energetică a acestui sistem este glicogenul (glucoza) şi nu necesită O_2 pentru a acţiona. Intră în activitate imediat după primele 30 sec de la începutul activităţii fizice, având şi el o durată scurtă de activitate (circa 60 sec), producând în final acid lactic ca „deşeu" al activităţii musculare. Capacitatea maximă a sistemului este intermediară, reprezentând 1,2 moli ATP şi tot intermediară este şi puterea sistemului (1,6 moli ATP pe min).

Eforturile intense de scurtă durată îşi iau energia din sistemul anaerobic, motiv pentru care exerciţiile respective poartă numele de „anaerobice" pentru a fi deosebite de cele „aerobice" (vezi „Anexa" de la sfârşitul capitolului).

13.2.1.3. *Sistemul aerobic*

Este sistemul energetic care stă la baza antrenamentului aerobic, dar aceasta nu înseamnă că celelalte sisteme nu acţionează (mai ales la începutul programelor de exerciţiu) pe durate scurte.

Sursele de energie ale acestui sistem sunt multiple: glicogen, grăsimi, proteine, tocmai pentru că acesta este sistemul ce furnizează energie musculaturii în activităţi prelungite (minute, ore).

Sistemul aerobic cere prezenţa O_2. Capacitatea celulei musculare (a mitocondriilor) de a-l metaboliza alături de sursele energetice presupune o integritate perfectă celulară.

Capacitatea sistemului aerobic este foarte mare (90 moli ATP), puterea maximă fiind însă mică (1 mol ATP/min), ceea ce ne arată limita intensităţii efortului, dar şi posibilităţile de durată ale lui.

Sistemul acesta energetic intră în funcţie şi devine predominant începând cu al 2-lea minut al activităţii fizice, după „arderea" produsă de primele 2 sisteme.

13.2.1.4. *Recrutarea unităţilor motorii*

Desigur că pare inadecvată introducerea principiului recrutării UM (de care s-a discutat pe larg într-un alt capitol) în contextul surselor energetice ale activităţii fizice.

Dar se ştie că această recrutare este dependentă de valoarea efortului ca şi de tipul energetic al efortului prin capacitatea diferită de punere în activitate (contracţie) a diverselor fibre musculare. Sub acest raport reamintim că există:

– Fibre tip I (tonice, roşii), fibre cu secusă lentă, care au un răspuns contractil lent la un stimul. Sunt bogate în mioglobină şi număr de mitocondrii, având deci o capacitate oxidativă mare (aerobică), dar o capacitate anaerobică mică. Aceste fibre sunt recrutate pentru realizarea rezistenţei musculare, şi se activează preferenţial la exerciţii cu intensităţi mai mici.

Neuronii care le comandă sunt mici, având un prag jos de activare.

– Fibre tip II b (fazice, albe), fibre cu secusă rapidă, răspund rapid prin contracţie, sunt sărace în mioglobină şi mitocondrii, îşi epuizează repede energia fiind utilizate pentru activităţi fizice intense având o mare capacitate glicolitică. Reprezintă efectorul exerciţiilor anaerobice.

– Fibre tip II a, intermediare, având caractere combinate ale celorlalte 2 tipuri de fibre ceea ce face ca să participe atât la exerciţiile aerobice cât şi anaerobice.

Aşadar, modalitatea de recrutare a UM respectiv a fibrelor musculare devine complementară tipurilor surselor de energie având o finalitate comună.

Raportând sursele de energie la activitatea fizică (exerciţii fizice) putem contura un cadru al implicărilor funcţionale realizate prin acest raport. Iată care ar fi aceste implicări:

- O activitate fizică intensă (secunde) folosită pentru creştere de forţă musculară a unui-unor grupe musculare se realizează prin sistemul energetic ATP-PC;
- O activitate fizică intensă, susţinută 1-2 min şi pe care o repetăm după 4-5 min de repaus (sau de reducere a intensităţii) îşi are ca sursă energetică sistemul ATP-PC şi cel anaerobic;
- O activitate fizică cu implicarea unor largi grupe musculare, la o intensitate submaximală cu durată de 3-5 min repetată după un repaus de câteva minute sau după o reducere netă a intensităţii, activitate care are ca scop atât creşterea de putere cât şi de anduranţă, utilizează ca sursă energetică toate cele 3 sisteme (fosfocreatinină, anaerobic, aerobic).

- O activitate fizică de intensitate submaximală care se desfăşoară cel puţin 20-30 min îşi extrage energia în cel mai mare procent din sistemul aerobic având ca efect creşterea rezistenţei musculare şi generale.
- O activitate fizică care se prelungeşte mai mult este asigurată 99% prin metabolism energetic aerobic.

13.2.2. *Raportul energetic cost/eficienţă*

Activităţile fizice obişnuite, profesionale sau sportive, pot fi categorisite în uşoare, medii sau grele pe baza *costului* energetic cerut de fiecare în parte. Cum s-a arătat şi mai sus, activitatea musculară se realizează cu cheltuială (cost) energetică. Acest cost este în funcţie de o serie de parametri, cum ar fi: mărimea massei musculare în activitate, intensitatea şi durata acestei activităţi, de abilitatea individului pentru o anumită activitate (un tăietor de lemne consumă mai puţină energie decât un atlet la tăierea unei cantităţi de lemne), de nivelul de fitness, de starea de echilibru a SNC, de masa corporală etc.

Costul sau cheltuiala de energie pentru un efort este reprezentată şi măsurată de consumul de O_2 pe minut. Toate celelalte aprecieri ale costului energetic prin diverşi parametri (de ex., prin valoarea ventilaţiei sau prin ritmul cardiac etc.) sunt reali numai în măsura în care ei variază linear cu consumul de O_2.

Costul energetic se exprimă practic prin valori echivalente ale consumului de O_2. Există 2 unităţi în care se exprimă consumul energetic:

a) ***Kilocaloria*** (caloria mare) = cantitatea de căldură necesară creşterii cu 1° a unui kg de apă. Se ştie că 5 kCal echivalează cu 1 l O_2 consumat.

b) ***Echivalentul metabolic*** (MET) = O_2 (ml) consumat per kg de greutate corporală şi minut. 1 MET = 3,5 ml O_2/kg/min.

1 MET reprezintă energia necesară sau costul metabolic al organismului aflat într-un repaus complet.

Se consideră activitate fizică uşoară (ex. plimbarea cu 1,6 km/oră sau 1 mph) aceea care are un cost energetic de 4-7 ml O_2/kg/min, adică 1 1/2-2 MET sau 2 1/2 kCal/min.

O activitate fizică mai grea (ex. alergarea cu 8 km/oră, sau 5 mph) necesită 25-28 ml O_2/kg/min, adică 7-8 MET şi 8-10 kCal/min.

Pentru a vorbi de *eficienţă* în cadrul unui sistem cu consum energetic, trebuie să raportăm orice travaliu efectuat la valoarea consumului energetic necesitat.

Eficienţa sistemului se exprimă de obicei în procente astfel:

$$\text{Eficienţa (\%)} = \frac{\text{travaliul realizat}}{\text{energia cheltuită}} \times 100$$

Travaliul este „ceea ce a ieşit" din sistem, adică outputul, iar energia consumată „ceea ce a intrat" în sistem, adică inputul.

Se ştie că travaliul (w) este produsul între forţă (F) şi distanţă (D), W = F × D.

Travaliul este măsurat în diferite moduri în funcţie de specificul testului utilizat. Spre exemplu:

– Testarea la covorul rulant: W = greutatea individului × distanţa pe verticală până la care s-ar ridica individul când merge – urcând pe covorul rulant înclinat;

– Acelaşi principiu de calcul la efortul de urcat trepte (testul scăriţă);

– Testarea la bicicleta ergometrică: W = distanţa (circumferinţa roţii × nr. de rotaţii) × rezistenţa introdusă la ergociclu.

În ceea ce priveşte inputul sistemului energetic, adică mărimea cheltuielilor se apreciază consumul net de O_2 pe unitatea de timp, astfel:

Valoarea $\dot{V}O_2$ de repaus pe unitatea de timp se scade din valoarea $\dot{V}O_2$ consumat pe minut în perioada de *steady-state.*

Steady-state-ul este acea perioadă de echilibru care se instalează după un timp (relativ scurt) între intensitatea unui travaliu (rămas constant) şi $\dot{V}O_2$/min care nu mai creşte.

Se ştie că înregistrarea continuă a $\dot{V}O_2$ în timpul unui efort, a unei activităţi fizice (constante ca intensitate) evidenţiază o creştere treptată a $\dot{V}O_2$ la începutul efortului, 2-5 min, după care $\dot{V}O_2$/min rămâne constant. S-a intrat în steady-state.

Pentru întreaga perioadă de activitate fizică se va înmulţi $\dot{V}O_2$/min net cu durata în minute a activităţii fizice.

Este uşor de înţeles că, cu cât pentru o anumită activitate se va consuma mai mult O_2, cu atât eficienţa travaliului va fi mai mică.

În general, eficienţa activităţii musculaturii mari este de 20-25%, dar creşte prin antrenament.

Exerciţiul aerobic este, din acest punct de vedere, un antrenament mult mai bun pentru creşterea eficienţei activităţii musculare decât exerciţiul anaerobiotic.

13.3. *RĂSPUNSURI FIZIOLOGICE LA EXERCIŢIUL AEROBIC*

În acest subcapitol ne vom referi la efectele imediate ale unui exerciţiu aerobic. Pot exista însă o varietate mare de astfel de exerciţii sub raportul intensităţii, a duratei lui precum şi a modalităţilor efectuării unui exerciţiu aerobic. Din acest punct de vedere, componentele exerciţiului pot varia ca procent între cele dinamice şi statice, executate predominant cu membrele superioare sau cele inferioare, cu sau fără utilizarea trunchiului etc. Fără să mai vorbim de influenţa mediului în care se execută programul: în sală, în exterior, la ce temperatură şi umiditate a mediului sau cu ce echipamente etc.

Dacă mai adăugăm la aceste variabile şi pe cele legate de individ (vârstă, sex, stare de sănătate, condiţie psihică, abilităţi etc.) ne dăm seama de amploarea problemei.

În aceste condiţii, a vorbi de răspunsuri fiziologice standard este desigur hazardat dacă nu chiar incorect. În acelaşi timp, din păcate, ar fi o imposibilitate să analizăm aceste răspunsuri în funcţie de toţi parametrii de mai sus. Deşi există o multitudine de studii asupra exerciţiului aerobic în diverse condiţii nu se poate spune că sunt epuizate toate variantele posibile şi s-ar putea realiza un tablou definitiv al răspunsurilor fiziologice la exerciţiul aerobic.

Cu toate acestea, au fost conturate prin generalizare şi integrare o serie de efecte ce apar după exerciţiile aerobice realizate în scop de antrenament (deci respectând această cerinţă) în condiţii de mediu relativ standard şi executate de indivizi sănătoşi adulţi.

Aceste efecte, important de cunoscut, trebuie considerate ca elemente fiziologice de pornire în aprecierea unor situaţii particulare de execuţie a exerciţiilor (pacienţi, vârstnici etc.).

Le vom analiza subliniind însă şi unele particularităţi.

Exerciţiul aerobic scoţând organismul din starea de repaus şi introducându-l într-un efort fizic are ca o primă şi imediată consecinţă o cerere crescută energetică care înseamnă $\dot{V}O_2$ crescut dar şi „deşeuri" periferice (CO_2, acid lactic etc.) în cantităţi mai mari precum şi căldură crescută la nivelul musculaturii în acţiune. Toate acestea cer rapid o adaptare a sistemului circulator care să aducă O_2, şi substanţele nutritive către celulele musculare în activitate şi să preia deşeurile metabolice ca şi excesul de căldură locală.

Modificările metabolice locale determinate de trecerea celulelor musculare de la starea de repaus la cea de activitate susţinută reprezintă de fapt semnalul către toate sistemele organismului (respirator, cardiovascular, hormonal, neural, metabolic general) de a răspunde şi apoi a se adapta stării nou create.

Privită în acest mod, reacţia fiziologică la exerciţiul aerobic în liniile ei esenţiale imediate poate fi apreciată la nivelul celular muscular, cardiovascular şi respirator.

13.3.1. *Răspuns metabolic celular local*

Pentru producerea energiei necesare contracţiei musculare consumul de O_2 crescut este esenţial. Acest O_2 suplimentar este asigurat atât de aport suplimentar circulator (vezi mai departe) cât şi, chiar din primele momente, printr-o extracţie la periferie mai completă a O_2 din sânge.

Consumul O_2 tisular local scade PO_2 tisulară ceea ce determină un gradient crescut PaO_2-PO_2 tisular cu extragere O_2 crescută de pe hemoglobină.

În acelaşi sens, acţionează şi aciditatea crescută locală (prin acumularea metaboliţilor acizi) ca şi temperatura crescută locală. Ambele deplasează curba de desaturare a oxihemoglobinei eliberând mai mult O_2 indiferent de presiunea O_2 existentă.

Ceva mai târziu încă un factor favorizează eliberarea locală a O_2 şi anume creşterea 2,3 difosfogliceratului hematiilor datorită glicolizei intense de efort.

Intensitatea sau eficienţa întregului proces de mai sus este edificator prin analiza (a-v)O_2 (diferenţa arteriovenoasă a O_2).

Mărimea consumului O_2 la nivelul celulei musculare este în raport direct cu vascularizaţia muşchiului, numărul mitocondriilor intracelulare, prezenţa enzimelor oxidative mitocondriale în fibrele musculare şi, evident, intensitatea contracţiei acestor fibre.

13.3.2. *Răspunsul cardiovascular*

Activarea intensă a căilor neurale motorii şi sensitive cerută de exerciţiul fizic aerobic determină şi o stimulare a fibrelor simpatice din cadrul nervilor micşti care antrenează creşterea activităţii sistemului nervos simpatic (SNS).

Efectele imediate cardiovasculare sunt de fapt rezultatul simpaticotoniei instalate: vasoconstricţie generalizată, tahicardie, tensiune arterială crescută, contractilitate miocardică mărită.

Aceste răspunsuri sunt proporţionale cu massa musculară antrenată în exerciţiu şi cu intensitatea acestuia.

Concomitent cu creşterea excitabilităţii simpatice scad semnificativ stimulii vagali.

Efectele cardiovasculare de mai sus sunt toate tributare nevoilor de O_2 la nivelul musculaturii active. Astfel, vasoconstricţia generalizată permite o redistribuire a sângelui din parenchime şi zona splanhnică ca şi din musculatura neactivată spre musculatura în activitate unde, din contră, se produce o vasodilataţie cu scădere de rezistenţă arterială determinată nu pe cale neurovegetativă, ci mediată local de creşterea metaboliţilor (K^+, H^+, CO_2).

În cazul unei activităţi fizice care pune în lucru o mare parte a musculaturii, datorită patului vascular muscular enorm, vasodilatat, se înregistrează o netă scădere a rezistenţei vasculare periferice.

În ceea ce priveşte sistemul venos, acesta înregistrează o vasoconstricţie atât în musculatura activă, cât şi în cea neactivă ceea ce creşte presiunea venoasă periferică.

La nivelul cordului se realizează creşterea debitului cardiac subordonat aceloraşi necesităţi metabolice musculare.

Tahicardia şi creşterea forţei de contracţie miocardică asigură această creştere de debit cardiac care stă la baza creşterii presiunii arteriale sistolice.

Există desigur, aşa cum arătam, răspunsuri diferite cardiovasculare în funcţie de o serie de parametri. Vârsta şi temperatura ambientală în care se desfăşoară exerciţiul sunt deosebit de importante. Astfel, o temperatură crescută a mediului (peste temperatura de confort termic) în care se desfăşoară exerciţiile aerobice determină o creştere importantă a circulaţiei tegumentare cu o mărire corespunzătoare a debitului cardiac. Pentru echilibrare se înregistrează o mai accentuată diminuare a circulaţiei splanhnice şi renale.

În funcţie de vârstă, modificările de mai sus sunt mult mai pregnante la tineri decât la vârstnici. Aceştia din urmă au o distribuţie diferită a debitului cardiac în sensul că splanhnele şi rinichii suferă o reducere de debit sanguin, mai mică decât tinerii şi tot mai redusă este şi creşterea circulaţiei cutanate. Un alt fenomen important de reţinut este că la bătrâni distribuţia de mai sus nu se modifică cu nivelul de fitness (valoarea $\dot{V}O_2$ max de efort). La tineri un efort la un nivel crescut de fitness determină o mai mare scădere a debitului circulator splanhnic şi renal şi o creştere mai mare a circulaţiei cutanate şi în general a debitului cardiac.

Dacă am compara vârstnici antrenaţi cu tineri neantrenaţi dar cu activitate fizică normală se constată că până la un anumit nivel de fitness (exerciţii până la 60-65% din $\dot{V}O_2$ max) debitul cardiac la vârstnici creşte la fel ca la tineri dar având un debit bătaie mai mare şi un ritm cardiac mai redus la vârstnici. Ceea ce permite vârstnicului performarea unui acelaşi efort ca tânărului (până la un nivel de fitness), este prezenţa unei mai mari (a-v)O_2 printr-o mai bună extracţie a O_2 şi o performanţă mai bună ventriculară stângă (la vârstnicul antrenat). Aceleaşi observaţii comparative şi dacă efortul (până la un anumit nivel) se execută într-un mediu cald (36°) (Minson C.T., Kenney W.L., 1997).

Reamintim că în cadrul activităţii fizice circulaţia cutanată nu are rol direct în performanţa acestei activităţi, ci doar în reglarea termică.

Un alt element de reţinut este faptul că cele mai mari redistribuiri ale debitului cardiac în cadrul exerciţiilor aerobice în mediu cald (36°) se înregistrează la tinerii antrenaţi. De altfel iată cum s-ar ierarhiza aceste redistribuiri la diverşii subiecţi, tineri şi vârstnici, antrenaţi şi sedentari (Beard J.L., Ho C.W., Farrell P.A., 1997):

Tineri antrenaţi > tineri sedentari > vârstnici antrenaţi > vârstnici sedentari.

Exerciţiul aerobic la persoanele cu afectare cardiacă va determina desigur răspunsuri diferite decât cele fiziologice. Abaterea de la fiziologic este în funcţie de gradul de afectare cardiacă. Trebuie avut în vedere că toleranţa la exerciţii este sever redusă, $\dot{V}O_2$ max scăzută, ceea ce face ca foarte repede exerciţiul să devină anaerobic. Debitul cardiac nu poate creşte corespunzător şi în plus distribuţia lui nu este eficientă (spre muşchi). Simpaticotonia este mai importantă cu toate efectele ei. La periferie însăşi funcţia musculară este afectată prin dificultăţile locale circulatorii, creştere de fibre tip II, modificări enzimatice, pierdere de ţesut muscular (Shephard R.J.).

Afectarea cardiacă determină perturbări ventilatorii, hormonale, psihologice etc., dar evident nu este cazul aici să le discutăm.

13.3.3. *Răspunsul respirator*

Imediat cu începutul exerciţiului se instalează modificările ventilatorii prin creşterea rapidă a ventilaţiei până la acomodarea ei cu valoarea efortului când intră în steady-state.

Creşterea ventilaţiei pe minut are corespondent în creşterea intensă a ventilaţiei alveolare ($\dot{V}_A$) necesară asigurării noului nivel al schimburilor gazoase (creşterea nevoilor de O_2 şi de eliminare a CO_2).

Este dificil de precizat ce anume stimuli declanşează creşterea ventilaţiei. Probabil sunt greu de precizat tocmai pentru că sunt (potenţial) o mulţime, inclusiv în momentul când ne pregătim de a începe exerciţiul fizic când evident acest stimul este psihic.

Creşterea ventilaţiei chiar de la startul exerciţiului şi chiar înaintea lui (mecanismul de „feedforward") este de origine reflexă, dar sigur cu control cortical căci acest debut poate fi modulat prin educare (Helbling D., Boutellier U., 1997). Este important de asemenea de subliniat că acest început ventilator este acelaşi indiferent cât este de mare massa musculară care va intra în exerciţiu. Sau chiar dacă exerciţiul este activ sau pasiv (Miyamura M., Ishida K., Yasuda J., 1992).

Ulterior compoziţia gazelor sanguine prin chemoceptori ($\dot{V}O_2$ scăzut, CO_2 şi H crescuţi), prin receptorii proprioceptivi articulari şi musculari, baroreceptorii, termoreceptorii etc., reprezintă tot atâtea căi prin care poate fi stimulată ventilaţia.

Adaptarea ventilaţiei la efortul cerut de exerciţiul fizic este extrem de importantă deoarece, în primă instanţă, ceea ce limitează intensitatea efortului, oprindu-l brusc, este falimentul ventilator. În exerciţiul aerobic acest lucru nu se întâmplă (decât în cazuri patologice), ventilaţia stabilindu-se în perioada de steady-state adică în perioada în care se realizează echilibrul între cererea şi consumul de O_2 ca şi între producerea şi eliminarea de CO_2.

13.4. *ADAPTĂRILE FIZIOLOGICE*

Exerciţiile aerobice efectuate cu perseverenţă după tehnicile şi parametrii necesari (vezi mai departe) determină un nivel crescut de fitness ($\dot{V}O_2$ max crescut) şi o rezistenţă crescută la activitatea fizică. Aceste efecte globale se realizează pe baza unor multiple procese de adaptare fiziologică atât în repaus cât şi în timpul exerciţiului fizic.

Desigur că aceste adaptări sunt în relaţie directă cu nivelul de fitness de la care se pleacă.

Persoane sănătoase pot fi persoane antrenate prin activitatea lor sau neantrenate, sedentare. Există persoane obligate (iatrogenic) datorită unor boli la un sedentarism exagerat sau chiar la repausuri prelungite la pat. Toate aceste persoane au valori funcţionale diferite, iar exerciţiile aerobice reuşesc corectări diferite.

A se vedea şi notele de la începutul capitolului asupra „antrenării" şi „adaptării".

Ca şi la subcapitolul anterior asupra efectelor imediate, şi ele variate în funcţie de individ şi condiţiile de lucru şi în acest subcapitol vom face o prezentare de ansamblu adaptărilor fiziologice obţinute prin antrenamentul aerobic. Tot ca în subcapitolul precedent vom prezenta în primul rând adaptările metabolice, cardiovasculare şi respiratorii, apoi alte moduri de adaptări.

Antrenamentul aerobic care se întinde pe mai multe săptămâni determină adaptări nu numai funcţionale, ci şi de structură, anatomice pe care le înregistrăm şi în perioadele de repaus şi bineînţeles modificând substanţial şi comportamentul organismului în efort sau activitate fizică.

Vom prezenta deci atât adaptările de repaus cât şi cele care apar în efort.

13.4.1. *Adaptările metabolice*

13.4.1.1. *Schimbări în repaus*

Structural antrenamentul determină în timp o hipertrofie musculară cu creşterea corespunzătoare a densităţii capilarelor musculare. Despre acest proces s-a discutat pe larg cu ocazia modalităţilor de creştere de forţă musculară.

Exerciţiul fizic necesită – aşa cum se ştie – un consum energetic crescut care îşi realizează local adaptarea printr-o mai bună capacitate de generare a ATP-ului realizată de creşterea numărului şi dimensiunilor mitocondriilor celulelor musculare.

Aportul crescut de O_2 la nivelul musculaturii în activitate este o condiţie sine qua non, iar realizarea acestuia prin antrenament are ca dovadă creşterea mioglobinei musculare, element de bază al transportului O_2 spre mitocondrii, pe care o înregistrează şi în repaus.

13.4.1.2. *Schimbări ce apar în efort*

Este vorba desigur de efortul submaximal, aerobic, schimbări adaptate tipului de antrenament (exerciţiile aerobice).

De altfel studiile lui Tabata I., Nishimura K., Kouzaki M. etc. (1996) au arătat că exerciţiile aerobice nu aduc şi adaptări ale capacităţii anaerobice

din punct de vedere al $\dot{V}O_2$ max. Reciproca nu este însă valabilă deoarece, constată autorii, exerciţiile intermitente anaerobice duc la creşterea capacităţii atât anaerobice cât şi aerobice.

Adaptarea metabolică de efort aerobic se realizează prin scăderea consumului glicogenului muscular ca sursă energetică. Acest proces de economisire a glicogenului este posibil după antrenamentul submaximal prin creşterea capacităţii de mobilizare şi oxidare a grăsimilor ca sursă energetică.

Astfel glicogenul nu numai că nu este consumat, ci este stocat în muşchi. Muşchiul îl va consuma rapid însă în momentele de efort intens sau de scurtă durată intermitent. Şi acest consum este uşurat atât de existenţa stocurilor de glicogen cât şi de o capacitate crescută oxidativă a carbohidraţilor consecinţă a creşterii potenţialului oxidativ al mitocondriei. Tot sub raport al energiei consumate în efort la un individ antrenat aerobic se consemnează de asemenea faptul că se recurge mai puţin la consum de fosfocreatină şi ATP în muşchiul scheletal.

Deşi mecanismul de producere nu prea este clar, se înregistrează în efort o scădere a nivelului lactatului sanguin, deşeu, cum se ştie, al activităţii musculare în condiţii de hipoxie (moderată bineînţeles). S-ar putea interpreta că buna aprovizionare cu O_2 rezultat al antrenamentului aerobic face să dispară hipoxia musculară de activitate. În mod real însă aceasta scade dar nu poate dispărea. Să ne reamintim că ea este implicită în timpul contracţiilor isometrice şi că tot ea devine stimulul pentru hipertrofia musculară.

Desigur că elementul fundamental înregistrat prin exerciţiile aerobice este creşterea $\dot{V}O_2$ max care aşa cum s-a arătat, defineşte nivelul de fitness şi concretizează modificările realizate de organism la nivelul metabolic local, respirator şi cardiovascular.

Dar această $\dot{V}O_2$ max are ca bază de referinţă massa musculară scheletală, problemă dificil de apreciat datorită greutăţii de a cuantifica massa activă propriu-zisă.

Este cunoscut faptul că aceleaşi exerciţii aerobice la persoane mai vârstnice nu determină o aceeaşi creştere a $\dot{V}O_2$ max ca la persoanele mai tinere. Un studiu din 1997 al lui Proctor D.N. şi Joyner M.J. arată că pentru bărbaţii vârstnici $\dot{V}O_2$ max este mai scăzut cu 26%, iar pentru femeile vârstnice cu 22% comparativ cu persoanele tinere şi la fel antrenate, calcul făcut prin raportarea $\dot{V}O_2$ max la 1 kg de massă corporală. Dar dacă s-a făcut raportarea la kilogramul de massă musculară, exclusiv, procentele de mai sus au scăzut doar la 14, respectiv 13%.

Concluzia este evidentă şi anume că reducerea $\dot{V}O_2$ max cu vârsta chiar la vârstnici antrenaţi are la bază şi o reală scădere a capacităţii aerobice musculare active, dar şi o modificare de compoziţie musculară prin reducerea ţesutului muscular activ şi înlocuire de ţesut gras (proces histologic care se cunoştea de fapt de mult).

Reducerea reală a capacităţii aerobice per kg de muşchi activ este desigur rezultatul scăderii aportului de O_2 local determinat de reducerea coresp

punzătoare ce apare la vârstnic atât a debitului cardiac, cât şi a fluxului sanguin muscular.

13.4.2. *Adaptări cardiovasculare*

13.4.2.1. *Schimbări în repaus*

Sunt deosebit de importante şi uşor sesizabile aducând cea mai bună dovadă a valorii fiziologice a exerciţiilor aerobice, a exerciţiilor de anduranţă, a unui nivel crescut de fitness.

Astfel, ritmul cardiac de repaus îl vom găsi constant scăzut, comparativ cu cel de dinaintea începerii antrenamentului.

Debitul cardiac nu scade însă, căci se înregistrează un volum bătaie crescut (Braun L.I., 1991).

Scăderea pulsului se datorează scăderii simpaticotoniei, a nivelului atrial de norepinefrină şi epinefrină, a creşterii tonusului vagal secundar scăderii celui simpatic.

De aceeaşi importanţă este scăderea valorilor presiunii sanguine element notabil, uneori până la normalizarea ei (când era crescută).

Această scădere este consecinţa scăderii rezistenţei vasculare periferice prin vasodilataţie periferică musculară.

Scăderea presiunii este în special cea sistolică, dar este evidentă şi pentru cea diastolică, mai ales dacă subiecţii au avut iniţial valori crescute tensionale.

La aceştia se înregistrează de asemenea o scădere a indexului massei ventriculare stângi.

Modificările oxidative de la periferie descrise mai sus îşi au susţinerea în creşterea volumului sanguin circulant şi a valorilor hemoglobinei.

În măsura în care avem indivizi cu un antrenament intensiv şi prelungit, aşa cum sunt atleţii, se înregistrează şi modificări morfologice cardiace, cum ar fi creşterea cu 10% a dimensiunii cavităţii ventriculare stângi la sfârşitul diastolei, ca şi creşterea grosimii miocardului – mai ales a peretelui posterior cu 15-20% (Shapiro L.M., 1997), date realizate prin studii ecocardiografice. Dacă tipul de antrenament a fost mai ales static, prin isometrie, hipertrofia miocardului este mai mică decât în antrenamentul dinamic, având caracteristic hipertrofia cardiacă concentrică, în timp ce cea prin exerciţiu dinamic fiind de tip excentric (Longhurst J.C., Stebbins C.L., 1992).

13.4.2.2. *Schimbări ce apar în efort*

Creşterea ritmului cardiac care apare în orice efort este limitată la individul antrenat. Mecanismele acestei reduceri de puls sunt aceleaşi ca mai sus.

Această scădere nu limitează creşterea debitului cardiac la efort deoarece volumul bătaie este mare, atât printr-o contractilitate miocardică crescută cât şi a volumului ventricular crescut cu umplere diastolică mai bună. Aceasta din urmă fiind asigurată de menţinerea unei vasoconstricţii în teritoriul splanhnic, ca şi de o întoarcere venoasă bună prin „pomparea" de la periferie a sângelui venos de către contracţiile ritmice musculare.

La periferie, cum s-a mai arătat, se produce o accentuată extragere a O_2 arterial (datorită atât creşterii circulaţiei locale cât şi schimbărilor enzimatice şi biochimice locale) ceea ce determină creşterea (a-v)O_2.

Adaptarea circulaţiei periferice la efort cu creşterea fluxului sanguin şi respectiv scăderea rezistenţei periferice ar fi datorate unor modificări structurale arteriolare induse de exerciţiile dinamice aerobice (nu şi de cele statice).

Creşterea fluxului arterial din timpul exerciţiului (determinată şi de scăderea tonusului simpatic cu creşterea celui vagal) va duce la o creştere intraluminală a forţelor de forfecare (tangenţiale cu peretele vascular) care ar stimula endoteliul vascular determinând o vasodilataţie locală mediată de factorii de relaxare endoteliali (EDRF = *endothelial - derived relaxing factors*). Această teorie a „stressului forţelor de forfecare" afirmă că susţinerea acestui stress prin exerciţii repetate, de durată, va instala cronic modificări celulare endoteliale cu alterări ale determinismului genetic asupra unor factori locali (factori de creştere, reglatori ai fibrinolizei, endotelin etc.) şi asupra structurii peretelui vascular. Mărirea astfel a lumenului vascular periferic, organică ca adaptabilitate după efortul susţinut aerobic (dinamic) se petrece doar în vasele musculare, în celelalte adaptabilitatea este funcţională (Huonker M., Halle M., Keul J., 1996).

Creşterea debitului cardiac şi creşterea (a-v)O_2 vor determina ipso facto creşterea $\dot{V}O_2$ max, ceea ce înseamnă o capacitate de travaliu mai mare, un nivel de fitness crescut.

Creşterea obişnuită a presiunii arteriale la efort este mai limitată la un individ antrenat, căci rezistenţa vasculară periferică şi pulmonară sunt mai scăzute.

Deşi în timpul efortului se face o redistribuire a debitului sanguin cu preferinţă spre sistemul muscular, totuşi calculul arată că fluxul sanguin per kg de muşchi în activitate scade datorită comprimării vaselor musculare în timpul contracţiei. Această scădere este însă pe deplin compensată de creşterea capacităţii de extragere a O_2 de către celula musculară.

Datorită scăderii frecvenţei cardiace în efort şi a reducerii presiunii sistolice (chiar dacă această scădere este mică, doar de 10-20 mmHg) se realizează o importantă diminuare a consumului de O_2 miocardic pentru un acelaşi travaliu care cerea consumuri mari înainte de antrenamentul aerobic.

Trebuie subliniat că modificările cardiovasculare de mai sus nu sunt realizate prin exerciţiile aerobice exclusiv la sănătoşi şi tineri.

Deşi nu toate şi nu în aceeaşi măsură, schimbările benefice ale antrenamentului se înregistrează şi la pacienţii cardiovasculari ca şi la vârstnici.

Astfel, la coronarienii de vârstă medie, programele aerobice determină ameliorări semnificative ale $\dot{V}O_2$ max, ale debitului cardiac, capacităţii de contracţie, extracţie de O_2 la periferie etc.

La coronarienii vârstnici supuşi unui program aerobic susţinut (3-12 luni) nu se obţin însă ameliorări cardiace deşi capacitatea de vârf aerobică ($\dot{V}O_2$ max) creşte cu 16% după 3 luni şi cu 20% după 1 an de exerciţii. Se înregistrează de asemenea o semnificativă creştere a (a-v)O_2. Starea favorabilă la coronarienii vârstnici realizată prin exerciţiile aerobice se datorează exclusiv adaptărilor periferice musculare.

Astfel, analizele histologice musculare au arătat că la vârstnicii coronarieni a crescut densitatea capilarelor musculare cu 34%, iar activitatea succinat dehidrogenazei (enzimă specifică metabolismului aerobic local) cu 23% după 3 luni de antrenament aerobic (Waldmann M.L., Ades P.A., Meyer W.L. etc., 1996).

13.4.3. *Adaptări respiratorii*

În adaptările la efortul aerobic de fapt pilonii principali sunt ventilaţia pulmonară şi utilizarea O_2 la nivelul celular (respiraţia tisulară), sistemul cardio-vascular nefăcând decât legătura între aceşti piloni dar evident trebuind şi el să se adapteze pentru această sarcină (Evans D.L., 1985).

Prezentăm deci adaptările primului pilon în adaptarea la exerciţiul - aerobic.

13.4.3.1. *Schimbări în repaus*

Adaptarea la efort determină creşterea volumelor pulmonare, creştere care se înregistrează şi în repaus. Această creştere benefică pentru funcţia pulmonară asigură o ventilaţie/min. crescută, dar nu prin tahipnee. Concomitent cu acest fenomen scade travaliul respirator şi bineînţeles creşte ventilaţia alveolară.

Efortul măreşte suprafaţa de perfuzie deschizând noi capilare alveolare. Acest efect alături de creşterea ventilaţiei alveolare determină o mai bună capacitate de difuziune alveolo-capilară care face faţă cerinţelor crescute de O_2 ($\dot{V}O_2$ max).

13.4.3.2. *Schimbări ce apar în efort*

Principala adaptare rămâne creşterea capacităţii de difuziune având la bază aceleaşi fenomene ca mai sus. Cu toate acestea, capacitatea de difuziune maximă rămâne neschimbată, doar nivelul de utilizare a acestei capacităţi devine mai ridicat. Acest fapt are ca explicaţie şi faptul creşterii (a-v)O_2

printr-o scădere a vO_2 (O_2 venos) datorită extracţiei O_2 la periferie mult mai bună. Acest fapt va determina un gradient presional mai mare alveolo-capilar al O_2 cu difuziune deci mai bună. Acelaşi lucru pentru CO_2 produs în cantităţi crescute de muşchii în acţiune.

În efort desigur ventilaţia/minut creşte ca şi ventilaţia maximă care permite deci eforturi mai intense sau de durată crescută căci ventilaţia/min este un important factor fiziologic de stopare a unui efort excesiv. Ca şi în cazul respiraţiei în repaus, creşterea ventilaţiei/min se bazează pe creşterea volumului de aer curent şi mai puţin pe creşterea ritmului ventilator.

Interesant de arătat ca o dovadă a faptului că ventilaţia este un factor limitativ al efortului, că un antrenament special ventilator neînsoţit de exerciţii fizice va determina după un timp o creştere a rezistenţei la efort, aproape o dublare a ei deşi în toată această perioadă individul a rămas un sedentar. Boutellier U., Piwko P. (1992) au demonstrat cele de mai sus supunând persoane sedentare la antrenament hiperventilator timp de 30 min zilnic 4 săptămâni. După acest interval, testul de anduranţă pe ergociclu la valoarea de 170 bătăi cardiace pe minut care iniţial fusese de 26,8 min după antrenamentul respirator (exclusiv) ajunge la 40,2 min. În plus, dacă iniţial ventilaţia nu intrase în steady-state la efortul dat, după antrenamentul ventilator, ventilaţia s-a menţinut tot timpul în steady-state fără să apară hiperventilaţia. Toate aceste efecte dispar însă în următoarele luni dacă antrenamentul încetează.

Toate schimbările de mai sus au ca efect concluziv creşterea eficienţei ventilatorii.

Merită subliniat faptul că exerciţiile aerobice realizează această creştere a eficienţei respiratorii şi la bolnavii bronho-pulmonari cu disfuncţii ventilatorii, antrenamentul aerobic intrând în programul de recuperare al acestor bolnavi.

Tabloul 13.I rezumă adaptările fiziologice la exerciţiul aerobic atât în repaus cât şi în timpul efortului.

TABLOUL 13.I

ADAPTĂRILE FIZIOLOGICE LA EXERCIŢIUL AEROBIC ÎN REPAUS ŞI ÎN TIMPUL EFORTULUI

	Repaus	*Ex. submaximal*	*Ex. maximal*
Puterea aerobică	Neschimbat	Neschimbat	Creşte
Ritm cardiac	Scade	Scade	Scade
Volum bătaie	Creşte	Creşte	Creşte
Debit cardiac	Neschimbat	Neschimbat	Creşte
Cerere O_2 miocardică	Scade	Scade	Neschimbat
Ventilaţie	Neschimbat	Scade	Creşte
Diferenţa $(a\text{-}v)O_2$	Neschimbat	Creşte	Creşte
Concentraţie lactat sanguin	Neschimbat	Scade	Creşte
Flux sanguin muscular	Neschimbat	Scade	Creşte
Flux sanguin splanhnic	Neschimbat	Neschimbat	Scade
Presiune sistolică	Scade	Scade	Neschimbat
Presiune diastolică	Scade	Scade	Neschimbat

13.4.4. *Alte adaptări*

Exerciţiul aerobic executat după un program corect (vezi mai departe) determină o serie de alte modificări benefice ale organismului.

13.4.4.1. *Modificări sanguine*

a) Deşi există o serie de controverse asupra efectului antrenamentului asupra adaptărilor hematologice (volumul plasmatic, respectiv hemodiluţia, volumul hematiilor, cantitatea de hemoglobină) totuşi majoritatea autorilor consideră că indiferent de variaţia hematocritului (prin scăderea – ca la femei – sau creşterea – ca la bărbaţi – a volumului plasmatic) cantitatea de Hb creşte prin cererea de suport al O_2 transportat la periferie în cantitate crescută (Evans D.L., 1985; Brauch J.D., Pate R.R. etc., 1997);

b) Există însă mai puţine controverse când este vorba de modificările profilului lipidic sanguin. Colesterolul scade ca şi lipoproteinele de densitate joasă crescând lipoproteinele de densitate înaltă, scad trigliceridele dar lipoproteina (a) rămâne neschimbată (Thomas T.R., Ziogas G. etc., 1997; Fonong T., Toth H.J. etc., 1996; Longhurst J.C., Stebbins C.L., 1992 şi doar parţial el Sayed M.S., 1996).

Trebuie însă subliniat că pentru a obţine aceste efecte metabolice este necesar ca antrenamentul să aibă o intensitate peste medie şi desigur să se asigure şi un regim dietetic adecvat.

Studii recente arată o creştere semnificativă a HDL-colesterolului cu scăderea LDL-colesterolului şi a trigliceridelor după un efort care depăşeşte pragul de 7 mile/săptămână sau altfel exprimat prin realizarea unui mers rapid sau un jogging moderat de cca 30 min de 3-5 ori pe săptămână.

Aceste efecte pozitive ale exerciţiului aerobic asupra lipidelor sanguine (cunoscute ca factori de risc cardiovasculari) reprezintă alături de efectele asupra cordului deja discutate, argumentele de bază ale kinetoprofilaxiei primare şi secundare în bolile cardiovasculare.

c) Au fost studiate şi efectele efortului aerobic asupra factorilor coagulării sângelui. Astfel se înregistrează sigur o scădere a fibrinogenului şi a inhibitorului activatorului de plasminogen fără alte efecte asupra factorului VII şi activatorului de plasminogen (Zanettini R., Bettega D. etc., 1997; el-Sayed M.S., 1996 etc.).

Contracţiile musculare susţinute ar mări fibrinoliza, motiv pentru care aceste contracţii (uneori realizate prin stimulări isometrice electrice) sunt asociate tratamentului cu heparină imediat după intervenţiile operatorii cu risc trombotic.

Se consideră că acest efect alături de reducerea indexului massei ventriculare stângi reprezintă un element determinant în ameliorarea riscului coronarian imediat.

Dar, atenţie, căci exerciţiile de mare intensitate pot creşte adezivitatea plachetară şi agregabilitatea la unii indivizi.

13.4.4.2. *Modificări constituţionale*

Corelat cu efectele exerciţiilor aerobice asupra profilului lipidic este efectul asupra patului grăsos apreciat prin: grăsimea cutei cutanate, circumferinţa taliei, raportul între aceasta şi circumferinţa şoldului etc. Rezultatele în această direcţie sunt foarte diferite fiind în directă legătură cu intensitatea şi durata exerciţiilor + regimul alimentar.

13.4.4.3. *Modificări de aclimatizare*

Este cunoscut faptul că un exerciţiu aerobic în condiţii de temperatură crescută (peste temperatura de confort – consideratã de 22° pentru individul îmbrăcat normal) reprezintă un efort adaptativ cu atât mai mare cu cât temperatura mediului este mai ridicată. Costul crescut al travaliului în mediul cald rezultă din raportul între cheltuiala energetică (ventilaţia pe minut, $\dot{V}O_2$ max, debitul cardiac) şi eficienţa travaliului (valoarea de încărcare, de efort). Testele se fac de obicei la 36°.

Un astfel de exerciţiu s-a mai arătat, determină o creştere a debitului cardiac (deci a travaliului cardiac) peste cel obişnuit la nivelul de efort respectiv, cu modificări în distribuţia sângelui prin creşterea circulaţiei cutanate necesară termoreglării.

Trebuie înţeles că exerciţiul fizic prin el însuşi aduce doar parţiale adaptări la mediul cald. Ar intra aici doar creşterea pierderilor de căldură a termoreglării fizice, prin creşterea circulaţiei cutanate (vezi redistribuirea debitului sanguin) şi a sudoraţiei din timpul efortului.

În afara influenţei mediului nu trebuie uitat că exerciţiul fizic determină creşterea metabolismului, activitatea musculară fiind „caloriferul" organismului, producătorul de căldură. Această producere de căldură se corelează perfect cu creşterea $\dot{V}O_2$ max.

Aclimatizarea aşadar nu poate fi realizată ca efect singular al exerciţiului aerobic decât dacă acest exerciţiu se realizează în perioada de antrenament în condiţiile unui mediu cald. În acest fel, adaptarea organismului la mediul cald se face prin combinarea exerciţiului fizic cu obişnuirea (aclimatizarea) la căldură.

Această aclimatizare are ca efect ameliorarea performanţei sau a toleranţei în timp când indivizii respectivi trebuie să lucreze sau să facă efort într-un mediu cald. Se pot da o serie de explicaţii ale acestui proces. Le vom rezuma în continuare după Aoyagi J., McLellan T.M. şi Shephard R.J. (1997).

– Antrenamentul fizic creşte fitnessul aerobic, măreşte rezervele cardiovasculare la solicitări crescute (efort în căldură).

– În repaus, se înregistrează o temperatură corporală mai scăzută ceea ce înseamnă o capacitate mai mare de stocare a căldurii în condiţiile unui mediu cald (acesta ar fi efectul aclimatizării, antrenamentul fizic neavând vreun rol).

– Costul energetic al exerciţiului aerobic scade la antrenaţii fizic cu un accent de scădere şi prin aclimatizare. Rezultatul este o diminuare a efectului de termopierdere în mediul cald la o termoproducere mai joasă.

– Procesul de sudoraţie al termoreglării creşte ca urmare a ambelor adaptări (la efort şi la mediul cald).

– Schimbările în reacţiile SNV (scăderea simpaticotoniei) ca urmare a antrenării fizice reduce stressul cardiovascular cu toate consecinţele arătate la adaptarea sistemului cardio-vascular.

– Creşterea toleranţei subiective, a scăderii stării de tensiune fiziologică determinată iniţial atât de exerciţiul fizic, cât şi de expunerea termică dar atenuate pe parcursul antrenamentului.

În problema adaptărilor la efort plus căldură se suprapun însă o multitudine de elemente care trebuie luate în calcul. Astfel sunt: vârsta, sexul, starea de hidratare, ritmul circadian, starea fiziologică şi psihologică a indivizilor, severitatea mediului cald, intensitatea şi durata ca şi tipul exerciţiilor aerobice, înlocuirea corectă a depleţiei de apă şi săruri etc. Din punctul de vedere al vârstei trebuie remarcat că la tineri asistăm la redistribuiri de debit, cardiac mai accentuate decât la vârstnici, cu creşteri mai mari ale circulaţiei cutanate şi scăderi mai drastice ale circulaţiei splanhnice şi renale. Aceste aspecte influenţează desigur termoreglarea. Dar mai important decât vârsta (care are deosebiri deci ale mecanismelor de disipare a temperaturii) pentru controlul temperaturii corpului este mărimea $\dot{V}O_2$ max care ne arată producerea de căldură. Vârstnicii, atât bărbaţii cât şi femeile se pot, ca şi tinerii, adapta la condiţiile efortului în mediul cald reducându-şi debitul cardiac fără compromiterea proceselor oxidative care se menţin prin accentuarea $(a\text{-}v)O_2$. Este adevărat la vârstnici adaptarea cere mai mult timp (HO C.W., Beard J-L. etc., 1997). Problema importantă constă doar în grija de a rehidrata corect vârstnicii căci uneori reflexele de sete sunt perturbate, iar lipsa rehidratării poate avea efecte severe asupra funcţiei renale.

Din punctul de vedere al sexului, femeile în postmenopauză care sunt sub terapie hormonală de substituţie se adaptează mult mai uşor la temperaturile crescute ale mediului deoarece această terapie influenţează pozitiv reglarea termică a organismului, cât şi mişcarea fluidelor corpului (Kenney W.L., 1997).

13.4.4.4. *Modificări metabolice*

a) Este dovedit astăzi că exerciţiile aerobice (atât dinamice cât şi statice) previn osteoporoza mai ales la femeile la menopauză, iar dacă osteo-

poroza s-a instalat o reduc în mod evident. Efecte similare se înregistrează şi în osteoporoza la bărbaţi (tip II). Asocierea administrării zilnice de calciu (1-1,5 g) la programul kinetic reprezintă cea mai sigură metodă de menţinere sau ameliorare a densităţii osoase (Suleiman S., Nelson M., Li F., 1997);

Nu se ştie foarte exact mecanismul prin care exerciţiul creşte densitatea osoasă. Încărcarea gravitaţională cu greutatea corpului asupra scheletului ar putea fi un astfel de mecanism, dar şi contracţia muşchilor fără încărcarea gravitaţională s-a dovedit că favorizează mineralizarea.

Dar, atenţie, deoarece un antrenament foarte intens poate conduce la amenoree şi la scădere de densitate osoasă (prin scăderea nivelului estrogenic).

b) Studii epidemiologice au arătat că toleranţa scăzută la glucoză creşte riscul dezvoltării, în timp, a unui diabet zaharat tip II (insulino-independent).

Aceleaşi studii arată că activitatea fizică susţinută prezintă o corelare inversă cu scăderea toleranţei la glucoză şi apariţia diabetului tip II, iar activitatea intensă fizică aerobică determină cea mai joasă incidenţă a diabetului tip II.

Plecându-se de la incidenţa extraordinar de crescută a diabetului tip II s-a recomandat pentru combaterea ei în primul rând un program aerobic de moderată intensitate (50% din $\dot{V}O_2$ max ar fi suficient) cel puţin 3 zile pe săptămână, cel puţin 30 min/şedinţă care se poate realiza prin mers, alergare, înot, pedalare etc. (Sato J., Sato Y., Tokudome S., 1996).

Durata şi intensitatea exerciţiului aerobic pentru un real beneficiu al diabeticului sunt determinante.

Se preconizează exerciţii moderate spre intense (≥5,5 MET) performate ≥40 min/săptămână. Beneficiul major este creşterea sensibilităţii la insulină. Aceasta se constată chiar în acut imediat după exerciţiu dar se realizează şi o adaptare cronică după exerciţii regulate.

13.4.4.5. *Modificări psihice*

În mod simplist, se poate afirma că unul dintre cele mai apreciate efecte ale antrenamentului aerobic susţinut este inducerea unei stări psihice bune manifestată sub variate aspecte (stare de bine, scăderea stărilor depresive sau anxioase, creşterea capacităţii intelectuale, reglarea somnului, putere de concentrare mai mare, disponibilitate crescută pentru activităţi variate etc.).

Deoarece cu câţiva ani în urmă o serie de lucrări (ex. Madden D.J., Blumenthal J.A., Allen P.A. etc., 1989) concluzionează că nu se poate vorbi de reale efecte benefice asupra performanţei psihice prin exerciţii aerobice la vârstnici, în ultimul timp s-au întreprins studii foarte mari şi complexe în această direcţie. Un astfel de studiu (intitulat *Maastricht Aging Study* – MAS) a fost organizat de Van Boxtel M.P., Paas F.G., Noux P.Y. şi colab., 1997) pe grupe mari populaţionale între 24 şi 76 de ani. Concluzia de pornire a fost că avansarea în vârstă afectează cert performanţele cognitive aşa cum

a reieşit din testările de inteligenţă, memorie, viteză de gândire, capacitate de concentrare, de atenţie etc.

Introducerea câtorva ore pe săptămână de sport sau exerciţii aerobice timp de mai multe săptămâni a avut ca urmare o netă ameliorare a performanţelor cognitive şi ca un aspect particular o deosebită mărire a resurselor de atenţie la bătrâni. Această ultimă observaţie confirmă un alt studiu din 1992 (Shay K.A., Roth D.L.) tot foarte larg (între 18 şi 73 de ani) că activitatea fizică aerobică susţinută realizată în decursul anilor (profilactic) diferenţiază pe cei care au executat-o de cei sedentari prin modul în care execută diversele activităţi care cer calităţi vizuospaţiale bune.

Introducerea ulterioară a activităţii aerobice ameliorează aceste calităţi.

13.5. *EXERCIŢIUL AEROBIC ÎN ASISTENŢA MEDICALĂ*

Deşi pe parcursul întregului capitol de până acum s-au făcut multe referiri la impactul exerciţiului aerobic prin creşterea anduranţei fizice asupra stării de sănătate ca şi a influenţei asupra unor stări de decondiţionare fiziologică şi chiar de boală, am considerat că un subcapitol dedicat exclusiv acestor aspecte ar fi necesar.

Evident această carte nu şi-a propus să prezinte în concret modalităţile şi efectele kinetoterapiei asupra diverselor stări disfuncţionale ale organismului, asupra bolilor, sub întreita funcţie a ei în profilaxie, terapie şi recuperare medicală.

Aşa cum nici în capitolele anterioare când s-au prezentat bazele teoretice şi practice ale unităţii morfofuncţionale a aparatului neuromioartrokinetic nu s-a discutat patologia acestei unităţi cu sancţiunea ei kinetoterapică limitându-ne doar la directive practice generale pe această linie, tot aşa nici acum la prezentarea exerciţiului aerobic metodă integrativă a kinetoterapiei cu efecte asupra întregului organism aşa cum s-a văzut, nu vom aborda valoarea ei în asistenţa medicală decât tot la modul general.

Vom prezenta deci acest aspect pornind de la termenul introdus de Haber P. în 1993 în Germania *„Ştiinţa antrenamentului medical"* („SAM") sau „Ştiinţa medicală a antrenamentului" care reprezintă „bazele teoretice pentru o indicaţie corectă în probleme ale performanţei fizice la sănătoşi şi persoane cu boli cronice". Autorul o compară cu farmacologia, element de bază al asistenţei din medicina internă. SAM creează reguli valide pentru ameliorarea performanţei prin antrenament prin modificări morfologice şi funcţionale ale organelor şi sistemelor. Ca şi farmacologia, SAM îşi bazează efectele medicale pe cunoaşterea efectelor fiecărei metode de antrenament, pe raportul între doză şi efect.

În afară de cele 5 proprietăţi de bază motorii ale aparatului neuromioartrokinetic de care ne-am ocupat şi noi în capitolele anterioare (mobilitate-flexibilitate, forţă, rezistenţă, coordonare, velocitate) SAM are ca obiec-

tive şi anduranţa şi forţa generală a organismului sau „starea de sănătate" care au la bază starea morfologică şi funcţională a aparatelor şi sistemelor organismului şi care pot suferi modificări dirijate prin antrenament prin exerciţiul aerobic.

De fapt, întreg capitolul acesta despre exerciţiul aerobic justifică pe deplin punctul de vedere al lui Haber şi se înscrie în parametrii ştiinţei antrenamentului medical.

*
* *

Kinetoprofilaxia în fond nu este decât aplicarea exerciţiilor aerobice pe principiile „Ştiinţei antrenamentului medical". Se aplică:

- Omului sănătos pentru a-l feri de boli sau de apariţia sindromului de decondiţionare fizică (profilaxie de gradul I);
- Omului vârstnic la care decondiţionarea a apărut pentru a-l feri de agravarea şi organicizarea ei (profilaxie de gradele I şi II);
- Omului bolnav (cu boli cronice) pentru a-l feri de apariţia unor agravări sau complicaţii ale acestor boli (profilaxie de gradul II).

Acest ultim aspect se interferează deseori cu noţiunea de kinetoterapie de recuperare motiv pentru care deseori Organizaţia Mondială a Sănătăţii o numeşte „profilaxie de gradul III".

Kinetoprofilaxia este un capitol mare şi important al kinetologiei pe care evident nu-l vom trata în această monografie ci, aşa cum precizam mai sus, ne vom limita la generalităţi şi linii directoare.

13.5.1. *Antrenamentul la bolnavii imobilizaţi sau la sedentari*

Utilizarea exerciţiului aerobic ca antrenament susţinut profilactic pentru creşterea nivelului de fitness îşi are rostul la cei care prin comportament sau boală privează organismul de aserţiunea „mişcare şi activitate fizică înseamnă sănătate". Cu alte cuvinte, sedentarii şi cei obligaţi la repausuri prelungite sunt prima categorie de beneficiari ai kinetoprofilaxiei. Pentru a înţelege efectul exerciţiilor aerobice la această categorie să punctăm care sunt efectele repausului prelungit la pat sau în fotoliu, respectiv abandonarea activităţii fizice. Subliniem că este vorba de efectele proprii ale decondiţionării fizice şi nu efecte ale bolilor care au determinat repausul.

a) Scăderea $\dot{V}O_2$ max care depinde de nivelul de fitness de la care s-a plecat şi de durata repausului şi nu depinde de vârstă sau sex.

Scăderea $\dot{V}O_2$ max are la bază scăderea brutală a volumului bătaie şi debitul cardiac (deci se instalează o creştere netă a ritmului cardiac). Scăderea $\dot{V}O_2$ max explică prăbuşirea nivelului de fitness în repausul prelungit.

b) Tonusul vagal cardiac scade şi creşte secreţia catecolaminelor simpatice ca şi sensibilitatea beta-receptorilor cardiaci.

c) Scade volumul circulant sanguin, scade reîntoarcerea venoasă (scăderi traduse în reducerea volumului bătaie).

d) Deşi (a-$\bar{v}$) O_2 nu este alterată există alte modificări care să justifice că scăderea $\dot{V}O_2$ max are cauze şi periferice nu numai centrale. Astfel fluxul sanguin muscular, capilarizarea, volumul hematiilor, şi enzimele oxidative scad.

e) Tulburările musculo-scheletale (apar mai ales la nivelul membrelor inferioare) se instalează rapid, după 4-6 săptămâni înregistrând scădere până la 40% din forţa musculară, pierdere de massă musculară, cu instalarea unei accentuate oboseli musculare. Un efect sever al imobilizării asupra muşchiului alături de atrofie, este pierderea în cantitatea de mitocondrii celulare (evidenţiată prin marker-ul cantităţii de mitocondrii care este citocromul c). Acest efect ca şi pierderea proteică poate fi diminuat de poziţionarea în alungit a muşchilor membrelor inferioare.

f) Osteodensitometria ne arată pierderi importante de massă osoasă mai ales la nivelul coloanei, a colului femural şi calcaneului. Trebuie reţinut că dacă modificările musculare sunt reversibile prin reantrenament în câteva săptămâni, cele osoase nu evoluează paralel, aşa că la 6 luni de antrenament osteopenia încă este prezentă.

Acestea sunt principalele modificări determinate de repaus şi verificate în lucrări recente (Convertino V.A., 1997; Bloomfield S.A., 1997; Friman G., 1997 etc.).

Desigur că s-ar putea extinde lista acestor modificări cu tulburările digestive, psihice, trofice etc.

În tabloul 13.II. este o prezentare sinoptică a urmărilor repausului prelungit la pat.

Sedentarismul aduce modificări de acelaşi sens dar desigur la o intensitate mai redusă şi cu instalare mai lentă decât o face repausul la pat.

Sedentarismul ar trebui considerat prin efectele pe care le induce ca o adevărată „boală". În SUA, unde *U.S. Public Health Service* a instaurat ca

TABLOUL 13.II

EFECTELE REPAUSULUI PRELUNGIT LA PAT
(după P. Corcoran)

Muşchi	Atrofie de neutilizare
Articulaţii	Contractură, pierdere de amplitudine de mişcare
Os	Osteoporoză, fracturi patologice
Tract urinar	Infecţie, calculi
Cord	Decondiţionare, scăderea rezervelor cardiace, scăderea volumului bătaie, tahicardie de repaus şi post efort
Circulaţia	Hipotensiune ortostatică, tromboflebite
Plămân	Embolii pulmonare, atelectazii, pneumonie
Gastrointestinal	Anorexie, malnutriţie, constipaţie
Piele	Escare
Psihologie	Depresie, anxietate, dezorientare

prioritate importanţa fitnessului fizic, al activităţii fizice zilnice pentru menţinerea sănătăţii, statisticile arată că 40% din americani sunt complet sedentari, iar alţi 40% au o activitate fizică sub pragul de a determina influenţe pozitive de fitness (Cox M.H., 1991).

Toate aceste perturbări ar putea fi evitate prin programe de kinetoprofilaxie formate din exerciţii aerobice. Există astfel de programe adecvate şi pentru majoritatea pacienţilor imobilizaţi, inclusiv pentru handicapaţii obligaţi la scaun rulant.

13.5.2. *Antrenamentul la vârstnici*

Scăderea treptată a activităţii fizice odată cu vârsta determină sindromul de decondiţionare care are la bază în proporţii foarte diferite vârsta în sine şi diversele boli cronice care se pot acumula odată cu trecerea anilor. Trebuie sesizată şi posibilitatea ca însăşi inactivitatea fizică la bătrâni să reprezinte cauză de boală.

În acest sens, cuvintele lui Per Olaf Astrand (1992), unul din iniţiatorii fiziologiei exerciţiului fizic la bătrâni, trebuie reţinute ca extrem de reale: „ca o consecinţă a scăderii toleranţei la exerciţiile fizice, un număr mare şi mereu în creştere de persoane vârstnice vor trăi sub sau foarte aproape de pragul abilităţii fizice, ceea ce face ca orice boală intercurentă să-i facă complet dependenţi".

Un tablou al stării „fiziologice" la vârstnici ar arăta pe liniile importante funcţionale astfel:

a) Ritmul cardiac de repaus este neinfluenţat de vârstă dar frecvenţa maximă la efort este scăzută. Dacă la tineri în decada 3-a este în medie 190 bătăi/minut, în decada 7-a este doar 160 bătăi/minut. Reamintim că formula generală de apreciere a frecvenţei maxime cardiace este 220 – vârsta;

b) Debitul cardiac scade aproape la jumătate (între 19 şi 86 ani) neadaptându-se la efort şi reprezentând un factor limitativ al acestuia. La baza acestei scăderi stă reducerea volumului bătaie atât în repaus, dar şi la efort, aşa că încercarea de adaptare a debitului cardiac la efort se face pe seama tahicardiei proces neeconomicos;

c) Există şi un volum sanguin circulant scăzut (7-800 ml) care poate crea probleme ortostatice (hipotensiune, ameţeli, sincope, tahicardii) volum scăzut care este o altă cauză a volumului bătaie scăzut;

d) Presiunea arterială este crescută la un mare procent de vârstnici prin creşterea rezistenţei periferice;

e) Ritmul respirator creşte căci volumele pulmonare mobilizabile scad (creşte volumul rezidual).

La 60 de ani capacitatea vitală este cu 25% mai scăzută ca la 20-30 ani. Ventilaţia maximă este şi ea scăzută.

f) Conclusiv, $\dot{V}O_2$ max scade continuu cu vârsta, dovedind nivele de fitness tot mai joase. Între prima şi cea de a 9-a decadă a vieţii $\dot{V}O_2$ max scade de la cca 60 ml/kg/corp/min la 25 ml/kg corp/min;

g) Massa musculară *(lean body mass)* scade vizibil determinând diminuarea dimensiunilor muşchilor, scăderea forţei musculare, scăderea abilităţilor mai ales acelea care cer utilizarea unui număr mare de muşchi (datorită pierderilor în feedbackul sensitiv periferic);

h) Se pierde massă osoasă;

etc.

Toate aceste aspecte de mai mare sau mai mică amploare pot fi combătute prin programe kinetice aerobice aplicate din timp pentru a nu permite decondiţionarea. Dar chiar dacă aceasta a apărut, programele kinetice pot în mare parte îmbunătăţi parametrii de mai sus.

În practică încercarea de a ridica nivelul de fitness la vârstnici nu este simplă deloc. Pentru aceasta ar trebui rezolvate 3 aspecte importante (Caspersen C.J., Kriska A.M. şi Dearwater S.R., 1994):

1. Trebuie ameliorată aderenţa vârstnicului pentru activităţile fizice, pentru un nou stil de viaţă. Pentru aceasta sunt necesare cercetări şi studii serioase care să identifice şi să îndepărteze impedimentele unei activităţi fizice la vârstnici.

2. Mulţi vârstnici pot avea totuşi boli care limitează abilităţile fizice motiv pentru care trebuie alese cu multă grijă exerciţiile aerobice care să influenţeze pozitiv şi deficitele funcţionale ale respectivelor boli şi tendinţa la decondiţionare fizică de vârstă.

3. Există posibilitatea ca în anumite situaţii programul de activitate fizică să determine accentuări ale unor perturbări organice şi funcţionale. Din acest motiv programele kinetoprofilactice la bătrâni trebuie alcătuite numai de medici avizaţi.

13.5.3. *Antrenamentul la cardiovasculari*

Bolile cardiovasculare reprezintă o indicaţie incontestabilă a tuturor celor 3 tipuri de obiective ale exerciţiilor aerobice: profilaxie, terapie, recuperare. Valoarea kinetoterapiei în afecţiunile cardiovasculare reiese cu uşurinţă din efectele imediate şi cele adaptative ale exerciţiilor aerobice expuse mai sus.

Aplicarea programelor aerobice în boala coronariană înainte sau după infarctul miocardic, după intervenţii operatorii (ex. bypass) şi în arteriopatia obliterantă a membrelor inferioare a însemnat în urmă cu cca 25 de ani una din cele mai importante schimbări conceptuale în abordarea asistenţei medicale în aceste boli.

Contribuţia antrenamentului fizic în combaterea factorilor de risc cardiovasculari atât în cadrul unei profilaxii primare cât şi secundare, indiferent de vârstă, se consideră azi ca definitiv dovedită şi obligatoriu de aplicat.

În ceea ce priveşte „terapia" prin exerciţiul fizic (mers) în arterita obliterantă a membrelor inferioare de asemenea nu mai există controverse. Valoarea mersului dozat este de necontestat dacă se face corect (până la apariţia claudicaţiei), perseverent (zilnic prin mers pe stradă sau cel puţin 3 ore/săptămână în antrenament la covor rulant) şi de durată (minimum 12-24 de săptămâni). În aceste condiţii, se înregistrează, înalt semnificativ, ameliorarea tuturor indicatorilor (Regensteiner J.G., Steiner J.F., Hiatt W.R., 1996).

Ceva mai mult sunt dovedite azi efectele favorabile ale exerciţiului aerobic submaximal chiar în suferinţa cardiacă congestivă stabilă (Shepherd R.J., 1997).

Se ştie că în insuficienţa cardiacă congestivă (ICC) se înregistrează cea mai severă limitare a toleranţei la efort cu o fracţie de ejecţie deseori sub 20% şi cu un $\dot{V}O_2$ max sub 10 ml/kg/min. Alături de insuficienţa miocardică intervin şi factorii vasculari periferici (deficit de distribuţie a unui debit cardiac şi aşa micşorat, simpaticotonie cu reducerea fluxului sanguin muscular) ca şi perturbările hormonale (creşterea catecolaminelor, a rapoartelor renină/angiotensină/aldosteron, a factorului antidiuretic). În sfârşit, perturbările respiratorii (creşterea costului ventilaţiei, stază pulmonară, perturbarea rapoartelor ventilaţie/perfuzie) ca şi cele psihice (anxietate, depresie) completează tabloul.

Este dovedit că introducerea acestor pacienţi într-un program de antrenare aerobică, foarte bine dozat şi structurat determină ameliorarea evidenţiată a tuturor perturbărilor de mai sus. Această ameliorare apare chiar după o scurtă perioadă de antrenare (4-16 săptămâni) înregistrându-se (concluziv) creşteri de performanţă aerobică cu peste 20% în acest interval cu posibilităţi de ameliorare în continuare.

Una din problemele cele mai controversate, fiind de bază în justificarea eficienţei exerciţiilor musculare aerobice, era dacă acest antrenament la pacientul cu ICC care are un flux sanguin muscular redus şi în repaus şi în efort (răspuns imediat) datorită rezistenţei vasculare, poate apărea în timp un proces adaptativ. Răspunsul este pozitiv pentru că într-adevăr exerciţiul aerobic determină treptat o scădere a rezistenţei vasculare ceea ce dovedeşte că factorii limitativi ai fluxului sanguin muscular din ICC nu blochează răspunsul vasodilatator la exerciţiile submaximale (Isnard R., Lechat P., Kalotka H. etc., 1996).

Rămân totuşi unele ezitări ale medicilor practicieni în ceea ce priveşte antrenamentul fizic al pacientului cardiac deşi atât specialiştii cardiologi cât şi cei de recuperare medicală au demonstrat avantajele acestui antrenament şi i-au stabilit foarte precis condiţiile. Iată câteva dintre aceste condiţii:

a) Pacienţii trebuie selecţionaţi pentru intrarea în programe de recuperare (clinic + prin teste de efort împărţind bolnavii în cei cu risc înalt de reinfarctizare şi cei cu risc scăzut).

b) Programele sunt progresive ca nivel de efort şi se stratifică pe faze (faza 1→ 3 sau 4) începând cu faza de spital şi până la 1 an de la infarct şi în continuare faza 4-a – adică programul de profilaxie secundară.

c) Programele se alcătuiesc pe baza testării capacităţii de efort şi se adaptează pe măsura îmbunătăţirii acestor teste.

d) Executarea programelor se face sub supraveghere şi monitorizare (puls, tensiune arterială, ECG, semne clinice), strictă în faza I, apoi treptat doar sub supraveghere şi autocontrolul pacientului instruit.

e) Exerciţiile aerobice vor fi alcătuite din cele isotone-dinamice, submaximale, cele statice se pot introduce mai târziu şi cu metodologie mai deosebită.

Mulţi apreciază şi exerciţiile anaerobice de scurtă durată şi începute din faza a 3-a ca având o bună eficienţă în antrenarea cordului, dar tot atât de mulţi le contraindică.

f) În alcătuirea tipurilor de exerciţii se va ţine seama de efectele deosebite realizate prin exerciţiile executate cu membrele superioare şi cele cu membrele inferioare căci:

- Consumul de O_2 miocardic (ritm cardiac, presiune sanguină) este mai mare la exerciţiile cu membrele superioare;
- Semnele clinice negative apar mai repede la antrenamentul cu membrele superioare (cam cu 1/3 de timp) decât cu cele inferioare;
- $\dot{V}O_2$ max este mai mare pentru un travaliu de aceeaşi mărime dacă acesta se execută cu membrele superioare;
- Raportul cost/eficienţă este mai bun dacă efortul se execută cu membrele inferioare.

g) Pentru a avea reală eficienţă, programele trebuie să respecte parametrii de eficienţă aerobică (intensitate/durată/frecvenţă) dar în corelare permanentă cu capacitatea de efort testată.

h) Programele de exerciţii aerobice trebuie să treacă treptat spre programe aerobice de activităţi fizice mai mult sau mai puţin uzuale (ale vieţii obişnuite şi chiar sporturi).

i) Pentru a pretinde rezultate pe timp îndelungat este necesar să se câştige complianţa pacientului pentru aceste programe.

Deşi în subcapitolele asupra răspunsului fiziologic adaptativ la efort au fost expuse adaptările cardiovasculare şi cu această ocazie s-au făcut referiri şi la bolnavul cardiac, totuşi, pentru importanţa problemei vom rezuma aici câteva din modificările adaptative obţinute la cardiaci în urma antrenamentului aerobic de creştere a nivelului de fitness:

- creşte capacitatea de muncă aerobică a cordului;
- creşte volumul bătaie cu scăderea ritmului cardiac (repaus şi efort) creşte diastola;
- scade cererea de O_2 miocardic;
- creşte diferenţa arteriovenoasă de O_2 [$(a\text{-}v)O_2$];
- se ameliorează mult starea psihologică a bolnavului coronarian;
- creşte semnificativ toleranţa la efort;
- etc.

Teama de efort nu numai a pacienţilor cardiaci, dar şi a unor medici (care induc nepermis o decondiţionare iatrogenă cu urmările văzute) nu este

justificată nici pe studii mari statistice. Astfel, corelarea între exerciţiul fizic şi decese la coronarieni aratã aproximativ o incidenţă de 0,75 pentru bărbaţi şi 0,13 femei (tineri) la 100.000 cazuri şi de 6 la 100.000 (vârstă medie) pe an (Thompson P.D., 1996). Invers, tot statistic s-a demonstrat reducerea mortalităţii (la bărbaţi în special) prin practicarea exerciţiilor fizice la cardiaci, inclusiv peste 65 de ani, şi pericolul de a creşte procentul de reinfarctizare sau deces la cei care opresc activitatea fizică (Thompson W.G., 1994).

13.5.4. *Antrenamentul la bronhopulmonari*

Bolile cronice bronhopulmonare (nespecifice) care instalează deficite funcţionale importante caracterizate prin dispnee cu pierderea capacităţii de efort în grade variate reprezintă o altă categorie numeroasă de pacienţi cărora antrenamentul aerobic le determină, chiar în absenţa ameliorării testelor respiratorii statice, o creştere evidentă a fitnessului.

Ca şi în cazul bolilor cardiace decondiţionarea la activitatea fizică o realizează atât deficitul respirator cât şi iatrogenic, recomandările medicale necorespunzătoare. Lipsa condiţiei fizice agravează deficitul respirator nu numai direct, ci şi prin intermediul decondiţionărilor cardiocirculatorii, musculare, metabolice.

Antrenamentul aerobic la bolnavii respiratori aduce semnificative ameliorări ale capacităţii de efort chiar în absenţa oricăror îmbunătăţiri ale testelor respiratorii statice. Aceste ameliorări pot urca până la 35%. Această creştere a toleranţei la efort prin antrenament aerobic se realizează prin:

- Ameliorarea ventilaţiei printr-o mai bună coordonare a „pompei motrice" toracoabdominale, printr-un bun antrenament al musculaturii respiratorii care va lucra cu o cheltuială energetică mai mică.
- Creşterea suprafeţei de schimb alveolocapilară pulmonară, cu ameliorarea raporturilor ventilaţie/perfuzie ce va determina o difuziune mai bună a gazelor respiratorii.
- Creşterea extracţiei la periferie a O_2 (creşterea $(a\text{-}v)O_2$) cu îmbunătăţirea respiraţiei tisulare.
- Creşterea PaO_2 datorită ameliorării ventilaţiei alveolare (ca şi a difuziunii).
- Ameliorarea performanţelor cardiace arătate mai sus.
- Ameliorarea condiţiei psihice care se ştie are un mare impact asupra gradului de dispnee.

Atragem atenţia că dispneea de efort a bolnavilor bronhopulmonari nu este de cele mai multe ori în directă corelare cu starea patomorficã pulmonară, deseori existând o componentă funcţională neurogenă de comandă respiratorie. Din acest motiv, antrenamentul aerobic trebuie realizat cu mijloace puţin stresante, cu exerciţii cu care pacienţii sunt obişnuiţi: mersul (mai ales), urcat scări, terapie ocupaţională.

13.5.5. *Antrenamentul în boala canceroasă*

În ultimii ani a apărut tot mai multă literatură medicală asupra influenţei exerciţiului fizic aerobic în boala canceroasă.

Această preocupare nu trebuie să pară surprinzătoare căci era puţin probabil ca în multitudinea de încercări şi studii, pe cele mai variate aspecte de terapie şi asistenţă ale pacienţilor canceroşi să rămână neabordat fitnessul fizic şi rolul antrenamentului aerobic la aceşti bolnavi.

Rezultatele au depăşit însă aşteptările făcând din exerciţiile aerobice o adevărată metodă terapeutică. Iată câteva dovezi:

a) Valoarea profilactică a activităţii fizice şi fitnessului fizic în declanşarea cancerului este demonstrată pe studii largi epidemiologice. Kampert J.B., Blair S.N. şi colab. (1996) publică un studiu de urmărire pe 7.080 femei şi 25.341 bărbaţi pe perioada 1970-1989. Concluziile studiului:

- există o puternică corelaţie inversă ($P < 0{,}001$) între riscul de moarte prin orice cauză şi nivelul de fitness fizic (la ambele sexe);
- există (la bărbaţi în special) un mult mai mic risc de mortalitate în general la persoanele active fizic cu fitness bun decât la persoanele sedentare;
- incidenţa cancerului scade intens ($P < 0{,}001$) pe măsura creşterii nivelului de fitness la bărbaţi. Această tendinţă este şi la femei dar nu cu o corelaţie atât de puternică;
- idem în ce priveşte riscul de deces prin cancer la bărbaţii activi şi cei sedentari.

Exact la aceleaşi concluzii ajunge şi lucrarea autorilor japonezi Fujita Y., Nakamura Y. etc. (1995) care urmăresc 7.286 de persoane între 1982 şi 1985 şi controlate în 1992.

Activitatea fizică susţinută determină o scădere semnificativă a mortalităţii prin toate cauzele, dar mai ales prin boli cardiovasculare şi cancer. Şi aceşti autori găsesc această corelare mult mai semnificativă pentru bărbaţi - deşi este reală şi la femei.

Thompson W.G. (1994) nu confirmă acest ultim aspect afirmând valoarea nivelului de fitness în reducerea riscului de malignitate şi la femei (în special pentru cancerul de colon).

b) Pentru bolnavii canceroşi, cu boală deja declarată supuşi tratamentului chimioterapic îndelungat şi care instalează starea caracteristică de oboseală cu pierdere importantă a performanţei fizice, introducerea unui program de exerciţii aerobice (mers pe covor rulant de exemplu) timp de 6-7 săptămâni a adus ameliorări importante ale stării generale prin dispariţia stării de oboseală, creşterea anduranţei, creşterea performanţelor în activităţile fizice zilnice uzuale şi remarcabil, creşterea concentraţiei de hemoglobină (Dimeo F.C., Tilman M.H. etc., 1997).

c) Utilizarea kinetoterapiei cu scop recuperator la bolnavii cu cancer care prezintă dintr-un motiv sau altul deficite fizice cum ar fi: limfedemul

membrului superior după cancerul de sân operat şi iradiat, artroplastiile articulare pentru osteosarcoame, stările post-fractură pe os patologic operate etc.

13.5.6. *Antrenamentul în bolile psihice*

Un alt grup important de boli beneficiare sub toate aspectele de exerciţiul aerobic este grupul bolilor psihice mai ales al nevrozelor.

De peste 20-25 de ani un tratament eficace în stările depresive a fost considerat mersul pe jos, progresiv, până la câţiva kilometri pe zi.

Se poate vorbi şi în general de „starea de bine" pe care o instalează un program aerobic de câteva săptămâni. Norris R., Carroll D., Cochrane R. (1990) au realizat un studiu rămas clasic pe ofiţeri de poliţie urmărindu-le evoluţia unei serii de teste psihologice şi fiziologice timp de 10 săptămâni sub un program de antrenament aerobic şi anaerobic de 3 ori/săptămână câte 45 min. Programul aerobic a înregistrat efecte deosebite (în afară de cele fiziologice deja discutate) în ceea ce se cheamă „starea de bine". Nu aceleaşi rezultate le-a avut şi antrenamentul anaerobic.

13.6. *DEZANTRENAREA*

Aşa cum s-a arătat adaptarea organismului la exerciţiile aerobice se realizează în săptămâni şi luni de antrenament conştiincios care respectă strict parametrii de intensitate-durată-frecvenţă.

Adaptările fiziologice la efort, nivelul crescut de fitness obţinut nu sunt câştiguri definitive, ele rămân prezente numai atâta timp cât individul îşi menţine permanent un anumit grad de antrenament.

Oprirea dintr-un motiv sau altul a exerciţiului aerobic, sau chiar scăderea lui sub prag determină extraordinar de rapid pierderi ale performanţelor obţinute.

Cel mai rapid (în 2-4 săptămâni) se pierde din valoarea $\dot{V}O_2$ max. Aceasta corespunde unei căderi a debitului cardiac, nu prin modificări de ritm cardiac, ci prin scăderea volumului bătaie.

După încă 2-3 săptămâni se înregistrează scăderea diferenţei arterio-venoase a O_2 [(a-v)O_2] dovadă nu numai a ofertei scăzute periferice de O_2 la efort ($\dot{V}O_2$ max), dar şi scăderea hemoglobinei şi a fluxului sanguin. La aceste modificări trebuie adăugată şi proasta extracţie a O_2 la nivelul muşchiului datorită reducerii capilarizării precum şi a metabolismului local.

Scăderea (a-v)O_2 este explicaţia continuării pierderilor în $\dot{V}O_2$ max care continuă şi după prima perioadă de 2-4 săptămâni după abandonarea antrenamentului.

Declinul activităţii enzimatice oxidative a muşchilor, ce apare în perioada de dezantrenare, nu pare a fi legat de schimbările în $\dot{V}O_2$ max, ci de producţia accelerată de lactat şi de oxidare a carbohidraţilor care se produce imediat la un efort dat.

Se perturbă şi termoreglarea din timpul exerciţiilor. În final performanţa musculară (forţă, anduranţă) scade, capacitatea cardiacă de efort scade şi odată cu ea şi nivelul de fitness.

Dezantrenarea care instalează schimbările importante de mai sus rezultă în cazul suspendării complete atât a exerciţiilor maximale cât şi a celor submaximale.

Tabloul adaptărilor fiziologice obţinute după antrenamentul aerobic îndelungat poate fi menţinut şi cu un antrenament redus la 2/3 şi chiar 1/3 din volumul celui iniţial. Reducerea se poate face asupra frecvenţei şedinţelor săptămânale sau/şi a duratei exerciţiilor, dar nu şi prin reducerea intensităţii de lucru. Se ştie că ce alterează $\dot{V}O_2$ max este intensitatea exerciţiului aerobic.

Problema dezantrenării este deosebit de importantă atât pentru menţinerea formei la sportivii de performanţă care intră în extrasezon sau sunt între programele competiţionale, dar este importantă şi pentru pacienţii cronici care au nevoie să-şi menţină adaptările o viaţă întreagă.

Programele de exerciţii aerobice cu scop profilactic trebuie completate cu jocuri sportive care sunt mai plăcute şi mai uşor acceptate pe perioade nedefinite.

13.7. *TEHNICA EXERCIŢIILOR AEROBICE*

Din cele discutate până acum s-a putut reţine că exerciţiile aerobice sunt considerate, cu o mică excepţie (care va fi discutată în „Anexa" de la sfârşitul capitolului), toate activităţile fizice umane de la cele obişnuite zilnice până la cele sportive adică orice travaliu fizic care se face cu consum energetic în prezenţa O_2.

Travaliul aerobic poate fi de durate variabile, de intensităţi variabile, executat de grupuri musculare mai mici sau mai mari, de membrele superioare, inferioare, trunchi sau întreg corpul.

Considerând ca punct de plecare momentul de trecere al corpului de la repaus spre o activitate fizică, cu excepţia primului minut (după unii chiar 2 min) şi aceasta dacă activitatea este intensă, toată activitatea fizică desfăşurată, indiferent de parametri, este o activitate aerobică.

Trebuie făcută însă o separare categorică între travaliul aerobic care nu declanşează şi nu determină în timp nici reacţii nici adaptări fiziologice, de travaliul aerobic care determină astfel de schimbări. Nivelul de fitness nu poate fi schimbat decât de un anumit travaliu aerobic. Efectele pozitive discutate asupra diverselor boli nu pot fi obţinute decât în urma unui anumit travaliu aerobic. Pentru a creşte anduranţa organismului adică capacitatea lui

de a susţine un timp îndelungat un travaliu fără să obosească se realizează numai după un anumit antrenament aerobic după cum sportivul ca să-şi crească performanţa în sportul practicat nu o va putea face decât după un anumit tip de antrenament aerobic.

Acest „anumit" tip de antrenament aerobic este considerat în termeni generici ca „antrenamentul rezistiv" şi are o serie de parametri în prescrierea lui. De aceşti parametri depinde realizarea modificărilor adaptative urmărite prin antrenamentul aerobic. Aceşti parametri sunt:

a) Alegerea exerciţiilor are la bază o serie de criterii: ce muşchi vor fi întăriţi, ce abilităţi fizice are individul, ce disponibilităţi administrativ-organizatorice avem etc.

b) Ordinea în care se succedă exerciţiile: se începe cu grupele mari musculare sau exerciţiile mai complexe, cu membrele superioare apoi cele inferioare.

c) Numărul de seturi. Se începe cu un set pentru fiecare exerciţiu apoi se va creşte progresiv la 3 seturi sau mai multe, dar în general nu se vor depăşi 6 seturi.

d) Repausul între seturi şi exerciţii este de 3 minute sau mai mult pentru rezistenţele mari, 2-3 minute pentru cele medii şi 1-2 minute pentru exerciţiile mai uşoare.

Repausul este obligatoriu. Reducerea lui sub 2 minute se poate aplica doar dacă subiectul tolerează solicitările metabolice.

e) Intensitatea – durata şi frecvenţa antrenamentului fiind principalii parametri, îi vom analiza pe larg ceva mai jos.

f) Variaţia şi periodizarea programului sunt deosebit de importante pentru o creştere optimală a forţei. Ideea de „variaţie" se referă la modificări uşoare ale poziţiei segmentelor sau ale întregului corp în cadrul exerciţiilor. Variaţia se concretizează şi asupra alternanţei de intensitate, durată, volum, a ordinii exerciţiilor, chiar a tipurilor de exerciţii, a organizării intervalelor de repaus.

Procesul sistematic de variaţie a programului antrenamentului aerobic este numit *„periodizare"*. Scopul este de a se evita supraantrenamentul, a susţine instalarea refacerii sau dezvoltării capacităţii fizicale şi mintale, a permite un continuu progres şi, deosebit de important, a menţine o complianţă crescută a subiecţilor pentru antrenamentul aerobic.

13.7.1. *Intensitatea*

Este considerat ca cel mai important parametru care trebuie avut în vedere atunci când se alcătuieşte un program de exerciţii aerobice. Ca şi în cazul antrenamentului care are ca obiectiv structuri locale (vezi un capitol precedent) şi în antrenamentul aerobic general fixarea parametrului intensitate ascultă de „principiul supraîncărcării" şi de „principiul specificităţii".

a) ***Principiul încărcării*** *(overload)* cere ca intensitatea exerciţiului să fie mai mare decât cea utilizată zilnic prin activităţile vieţii cotidiene. Sau, altfel spus, intensitatea exerciţiului să fie peste „pragul stimulului de antrenament", adică a acelui stimul care determină un răspuns adaptativ din partea organismului.

Acest principiu asupra intensităţii are câteva legi:

- Pe măsură ce individul se adaptează la intensitatea stimulului de supraîncărcare pe aceeaşi măsură, trebuie crescută intensitatea pentru a fi mereu peste pragul stimulului de antrenament. Numai aşa continuăm să obţinem adaptări în continuare.
- Această progresivitate trebuie făcută pe unele criterii, ea netrebuind însă să depăşească 2,5-5% ca volum de antrenament pentru fiecare treaptă (volum de antrenament = nr. repetiţii exerciţiu × nr. seturi).
- Valoarea stimulului de prag este variabilă în funcţie de vârstă, sex, stare de sănătate sau boală, nivelul de activitate fizică (de fitness) de la care se pleacă. Cu cât acest nivel este mai mare, cu atât intensitatea stimulului, a exerciţiului trebuie să fie mai mare.
- Exerciţiul nu trebuie să fie exhaustiv pentru a obţine un răspuns la programul de antrenament.

Desigur că, ţinând seama de aceste considerente, problema principală (şi practică) va fi cum determinăm această intensitate necesară.

Practica a arătat că în aprecierea gradului de efort ne putem baza pe valoarea maximă a ritmului cardiac de efort sau (şi) pe $\dot{V}O_2$ max, lucrând la anumite procente din aceste valori. Ca o medie orientativă ar fi antrenamentul la o valoare de 70-85% din ritmul cardiac maxim sau 60-80% din $\dot{V}O_2$ max.

Desigur că pentru un atlet ne vom ridica la 85-95% din frecvenţa cardiacă maximă, la un tânăr sănătos neantrenat la cca 70%, la un vârstnic 60-70%, ca la un bolnav cardiovascular să lucrăm cu 50-60%. De fapt, cum vom mai discuta, aceste valori sunt aleatorii în funcţie de tipul de program organizat de medic în funcţie de toţi parametrii subiectului şi, bineînţeles, de rezultatele testărilor acestuia.

Pentru uşurinţa de lucru, ritmul cardiac maxim (RCM) de efort se consideră după formula 220 – vârsta. Dar se poate determina şi direct prin testare în trepte de efort, succesiv, crescând intensitatea până la performanţa maximă, adică până la apariţia simptomelor clinice care opresc efortul. Metoda directă nu se recomandă la vârstnici şi bolnavii cardiorespiratori sau cu alte boli cronice. Pentru aceştia aprecierea se face pe baza formulei sau a testului de stress.

Cunoscând RCM, fixarea ritmului cardiac de antrenament (RCA) se face aşa cum se amintea mai sus, printr-un procentaj din RCM în funcţie de nivelul de fitness de la care se pleacă.

Mulţi practicieni utilizează pentru determinarea RCA formula lui Karvonen.

Formula Karvonen se bazează pe „rezerva de ritm cardiac" (RRC) care este diferenţa între ritmul cardiac de repaus (RCR) şi RCM.

RCA va reprezenta un procentaj din RRC (de obicei 60-70%) la care se adaugă valoarea RCR.

Deci: Ritmul cardiac de antrenament = ritmul cardiac de repaus + 60%–70% din rezerva de ritm cardiac.

Calcularea intensităţii efortului pe baza formulei lui Karvonen ne dă valori ceva mai mari decât aprecierea acesteia pe baza procentelor din RCM mai ales când este vorba de primele etape ale recuperării bolnavilor cardiaci.

Incontestabil că cel mai bun mijloc de a determina intensitatea efortului este $\dot{V}O_2$ max, dar aceasta cere aparatură.

b) ***Principiul specificităţii*** se referă la faptul că rezultatele adaptative ale antrenamentului aerobic sunt direcţionate în funcţie de tipul exerciţiului şi obiectivul urmărit. Putem vorbi astfel de antrenament aerobic pentru obţinere de anduranţă şi echilibru, de adaptări metabolice sau a diverselor altor sisteme (respirator, cardiac, vascular periferic etc.).

13.7.2. *Durata*

Exerciţiul aerobic trebuie să păstreze întotdeauna un raport între intensitatea şi durata lui.

Nu se poate vorbi de durate standard, căci în afară de raportul de bază cu intensitatea efortului, intră în calcul şi frecvenţa exerciţiilor, nivelul de fitness, ca şi obiectivul urmărit (principiul specificităţii antrenamentului).

Ca o regulă generală, cu cât este mai intens un exerciţiu, cu atât durata lui va fi mai mică.

Ca element orientativ exerciţiile la 70% din RCM se execută 20-30 min. Dacă procentul scade, creştem durata la 45 min, iar la intensităţi mai mari nu depăşim 10-12 min. Exerciţiile cu durată lungă (peste 45 min) la neantrenaţi creşte pericolul unor riscuri musculoscheletale.

Duratele sunt aproximative căci uneori efortul se realizează intermitent: efort (scurt) – pauză scurtă – efort – pauză etc. (vezi mai departe).

Durata se referă la numărul de minute de exerciţii într-o şedinţă. Şedinţa însă poate fi organizată sub formă de serii de exerciţii (într-o serie exerciţiile se succedă unele după altele), între serii putându-se intercala pauze (în general scurte).

13.7.3. *Frecvenţa*

Frecvenţa reprezintă numărul de şedinţe de antrenament pe săptămână. Ca parametru al antrenamentului aerobic este mai puţin important decât ceilalţi doi deşi, spre exemplu, o frecvenţă de 1-2 şedinţe/săptămână nu reuşeşte să aducă schimbările dorite cardiovasculare.

În general, programele de fitness se repetă de 3-4 ori/săptămână, dar numărul lor va ţine seama de vârstă, stare de sănătate, nivelul de fitness.

Frecvenţa se stabileşte ţinând seama de efortul total realizat. Astfel, ca exemplu, se considera suficient un efort de 2000 kcal/săptămână (adică 30-45 min × 3 ori/săptămână) pentru profilaxia bolii coronariene pentru un individ sănătos. Încercarea de a mări frecvenţa în unele cazuri poate aduce un risc asupra sistemului musculo-scheletal.

Pe măsură ce antrenamentul se desfăşoară şi adaptările îşi arată prezenţa se poate creşte frecvenţa săptămânală pentru continuarea ameliorărilor funcţionale şi organice.

Desigur că antrenamentul atleţilor sau sportivilor poate avea o frecvenţă mai mare de 3-4 şedinţe/săptămână.

Deşi parametrul „frecvenţă" este codificat ca număr de şedinţe pe săptămână cu o şedinţă pe zi, totuşi există situaţii în care se pot prescrie şi 2 şedinţe de antrenament pe zi, dar în acest caz de modalităţi diferite (vezi mai departe).

13.7.4. *Modul de antrenament*

Există o multitudine de moduri în care se poate realiza o antrenare aerobică a organismului. Condiţia de bază este ca un astfel de mod să pună în activitate grupuri mai mari de muşchi care să determine adaptările funcţionale discutate şi ca primum movens creşterea microcirculaţiei în aceste masse musculare, creşterea volumului bătaie şi a debitului cardiac cu redistribuirea acestuia. Iar pentru aceasta, aşa cum s-a arătat, antrenamentul trebuie să urce ritmul cardiac în zona necesară de 50%-80% din ritmul maxim cardiac.

Trebuie ţinut de asemenea seamă de principiul specificităţii respectiv, de obiectivul urmărit de antrenament.

Ca modalităţi de antrenament aerobic se utilizează cel mai frecvent:

- mersul (cu ritm rapid)
- alergarea (joggingul)
- covorul rulant (mers, alergat)
- mersul pe bicicletă sau ergociclu
- înotul
- skiul fond sau antrenarea pe simulatorul de ski norvegian
- canotajul sau antrenarea la bacul fix de vâslit
- echipamentul mecanic de forţă
- gimnastica aerobică ritmică
- exerciţiile de tip calisthenics
- greutăţi libere, arcuri, elastice etc.

• exerciţii parţiale (urcat scări, genuflexiuni, sărituri, flotări, ridicări la bară etc.).

Acestea sunt modalităţile practice de realizare a antrenamentului. Sub raport însă al tipului de exerciţiu muscular există doar 2 modalităţi:

a) ***exerciţiul static,*** prin contracţii isometrice;

b) ***exerciţiul dinamic*** prin contracţii isotonice sau (mai ales) isokinetice.

Există numeroase studii, mai ales în medicina sportivă, de analiză a modalităţilor de adaptare a organismului la una sau alta din aceste tipuri de antrenament (static sau dinamic). Există o unanimitate aproape în a considera net superioare ca efecte exerciţiile dinamice. Şi exerciţiile statice, când sunt antrenate succesiv mai multe grupe musculare mari, pot induce schimbări dar acestea sunt greu de controlat (Huonker M., Halle M., Keul Y., 1996).

Un alt aspect al modalităţii de antrenament aerobic se referă la obiectivul principal al antrenamentului în corelare cu efectele lui asupra aparatului neuromioartrokinetic.

Din acest punct de vedere vorbim de:

a) antrenament pentru forţă musculară;

b) antrenament pentru anduranţă musculară;

c) antrenament pentru flexibilitate.

Aceste tipuri de antrenament aerobic vor determina efectele generale asupra organismului numai în măsura în care vor realiza intensităţile, duratele şi frecvenţele peste prag.

Cele mai utilizate tipuri sunt primele două, diferenţa constând doar în raportul între intensitate/durată; în primul caz cu accent pe intensitate, în cel de al 2-lea caz, cu accent pe durată la o intensitate moderată.

Antrenamentul pur pentru flexibilitate induce efecte locale şi generale (măreşte amplitudinile de mişcare, reduce durerile musculare chiar cele difuze, reduce riscul de traumatisme, creşte starea de relaxare atât fizică cât şi psihică, scade starea de stress, creşte mult starea generală de bine). Acest gen de antrenament nu poate realiza însă intensităţile necesare creşterii consumului de O_2, a adaptabilităţii cardiace la efort, a ridicării nivelului de fitness. Din acest motiv, antrenamentul de flexibilitate este asociat cu cel de forţă sau anduranţă.

13.7.5. *Programe de antrenament*

Teoretic poate exista o varietate infinită de programe practice de aplicare a efortului aerobic. Dar, oricare ar fi acest program, el trebuie să respecte o structură formată din 3 părţi (perioade):

a) Perioada de încălzire *(warm-up);*

b) Perioada de exerciţii aerobice;

c) Perioada de răcire *(cool-down).*

Într-un capitol anterior a mai fost discutată această structură cu referire însă mai ales la segmente limitate ale corpului supuse recuperării funcţionale musculoarticulare.

13.7.5.1. *Perioada de încălzire*

Reprezintă minutele iniţiale ale antrenamentului în care se face „pregătirea" organismului pentru stressul reprezentat de programul de lucru propriu-zis. Se realizează prin exerciţii mai uşoare de tip calistenics + stretching + alergare uşoară.

Din punctul de vedere fiziologic, această perioadă ar acoperi zona de decalaj între momentul de începere al programului şi momentul instalării modificărilor importante reactive la efort ale organismului.

Această perioadă îşi bazează efectele de pregătire pe creşterea temperaturii musculare şi mai ales centrale. O încălzire externă (baie caldă, împachetare, iradiere la infraroşu) are efecte mult mai slabe.

Încălzirea prin exerciţiu fizic determină:

- creşte performanţa sistemului motor;
- creşte fluxul sanguin muscular;
- scade vâscozitatea musculară (îndepărtează fenomenul de tixotropie);
- creşte extensibilitatea ţesutului conjunctiv (scade deci complianţa lui);
- creşte viteza potenţialelor de acţiune;
- creşte disocierea O_2 din hemoglobină şi mioglobină căci creşte cererea de O_2;
- cresc reacţiile metabolice tisulare;
- creşte viteza de contracţie (cu 12% pentru un 1°) ca şi timpul de înjumătăţire al relaxării;
- metabolismul energetic local instalează aerobioza, minimalizând eventualitatea deficitului de O_2 al unui început anaerobiotic şi reducând în consecinţă formarea acidului lactic;
- creşte reîntoarcerea venoasă;
- scade susceptibilitatea de lezare a sistemului musculoarticular prin efort;
- previne eventualele aritmii sau fenomene ischemice coronariene.

Se consideră că s-a realizat o bună încălzire dacă au apărut primele aspecte ale unei perspiraţii crescute, iar ritmul cardiac s-a ridicat cu un maxim de 20 bătăi/min, fără însă să apară vreo senzaţie de oboseală.

Efectele încălzirii sunt rapid trecătoare. Intrarea în repaus imediat după această perioadă determină pierderea în decurs de 15 min a tuturor modificărilor induse.

Aici trebuie făcută o precizare şi anume că nu trebuie confundate exerciţiile de încălzire cu exerciţiile de menţinere a flexibilităţii (a amplitudinilor articulare maxime). Sunt mai multe deosebiri, dar principala este că exerciţiile de flexibilitate determină modificări pe termen lung ale mobilităţii articulare în timp ce „încălzirea" doar uşurează activitatea fizică imediat următoare.

Durata perioadei de încălzire este variabilă putând merge până la 10 min, fiind în funcţie de intensitatea exerciţiilor folosite pentru această încălzire şi de nivelul de efort care urmează să fie realizat în perioada de lucru propriu-zisă.

13.7.5.2. *Perioada de exerciţii aerobice propriu-zise*

Reprezintă perioada antrenamentului care urmează să determine adaptările discutate şi, în primul rând, cele cardiovasculare ce caracterizează nivelul de fitness. Exerciţiile acestei perioade (deosebit de variate ca modalităţi) trebuie însă să se situeze în cadrul toleranţei la efort, să fie peste pragul care va aduce schimbările de debit cardiac şi $\dot{V}O_2$ max, să fie sub nivelul de efort care declanşează semnele clinice nedorite.

Exerciţiile acestei perioade trebuie să fie:

- submaximale;
- ritmice;
- repetitive;
- dinamice;
- să angreneze cât mai multe grupe musculare.

Există 4 metode de antrenament care răspund cerinţelor de mai sus.

A) ***Antrenamentul continuu*** care se execută fără întreruperi odată ce steady state-ul a fost obţinut, durând de la 20 la 60 min. Stressul fizic se focalizează în special pe fibrele musculare cu contracţie lentă.

Supraîncărcarea (primul principiu al exerciţiului aerobic) se realizează mai ales prin durată urmând ca intensitatea antrenamentului să crească în cursul zilelor care se succedă.

Pentru persoanele sănătoase (scop profilactic) este cea mai bună metodă de creştere a anduranţei, de asemenea şi pentru profilaxia primară a decondiţionării vârstnicilor sănătoşi.

B) ***Antrenamentul cu intervale*** se realizează prin introducerea de scurte pauze sau scurte perioade de exerciţiu la intensităţi mult mai joase decât cea de bază. Acest gen de antrenament creează premisele unei plăji foarte largi de dozare în primul rând prin raportul între durata activităţii şi durata intervalelor de repaus. Practic acest raport poate fi 1/1 → 1/5. Dar trebuie avut în vedere că, cu cât invervalul de lucru este mai mare, cu atât solicitarea aerobică este mai mare. Dacă acest interval se scurtează prea mult şi este urmat de pauze prea mari există pericolul ieşirii organismului din stressul efortului aerobic.

S-a observat că, în cazurile intervalelor de lucru scurte, raportul cel mai bun activitate/pauză ar fi 1/1,5. Dacă durata activităţii este suficient de lungă, valoarea raportului nu mai are aşa mare importanţă.

Practic cantitatea totală de activitate fizică pe şedinţă este sau poate fi mai mare decât în metoda antrenamentului continuu (fie prin intensitate, fie prin durata totală).

Metoda antrenamentului cu intervale permite o intensitate mai mare a perioadei de lucru, ceea ce face ca acest gen de antrenament să ducă mai ales la creştere de forţă şi putere musculară decât de anduranţă musculară.

De asemenea acest antrenament este mult utilizat la cardiacii de toate tipurile mărind capacitatea la efort a lor şi toate adaptabilităţile ştiute dar cu reducerea eventualelor neplăceri.

Meyer K., Samek L. şi colab., 1997, au folosit această metodă chiar la bolnavi cu insuficienţe cardiace severe utilizând un efort la ergociclu după schema 30 sec pedalare 60 sec repaus, iar la covor rulant 60 sec efort şi 60 sec repaus. După 3 săptămâni autorii înregistrează efecte deosebit de bune.

C) ***Antrenamentul cu circuit*** se referă la programe compuse din mai multe serii de exerciţii care se succedă fără pauze unul după altul. Astfel de antrenamente sunt mai ales cele de tip static cu contracţii isometrice ale unor grupe musculare, apoi se trece la alte grupe şi aşa mai departe.

Bineînţeles că pot fi şi exerciţii diverse dinamice în circuit sau combinaţii de exerciţii statice cu dinamice alternativ.

În acest sistem în circuit se poate reveni la grupul muscular cu care s-a început ciclul şi acesta să se repete.

Obiectivul unui astfel de antrenament este mai ales forţa şi puterea musculară, dar poate fi mult ameliorată şi rezistenţa musculară. Sistemul permite şi o combinare între exerciţiul anaerobic şi aerobic.

D) ***Antrenamentul în circuit cu intervale*** este o combinaţie între antrenamentul în circuit şi cel cu intervale care permite o mai bună interacţiune între sistemele anaerobice şi aerobice.

13.7.5.3. *Perioada de răcire (cool-down)*

După executarea perioadei de antrenament propriu-zisă, efortul nu trebuie oprit brusc şi organismul lăsat în repaus.

Între efort şi repaus trebuie introdus un scurt interval de activitate musculară de 5-8 minute necesar pentru:

- a preveni blocarea sângelui în extremităţi după oprirea bruscă a activităţii musculare; continuarea unor uşoare contracţii va asigura reîntoarcerea venoasă;
- a preveni apariţia unor semne neplăcute datorate scăderii bruşte a debitului cardiac şi circulaţiei cerebrale prin blocarea întoarcerii venoase;
- a creşte perioada de refacere a depozitelor energetice şi a grăbi oxidarea deşeurilor metabolice rezultate din perioada efortului;
- în cazul în care s-a acumulat o datorie de O_2 în perioada de antrenament prin depăşiri nedorite de intensitate, cu arderi anaerobice (uneori chiar pot fi produse voit) se face lent această plată;
- a preveni apariţia fenomenelor ischemice miocardice, aritmii etc. care pot apărea la oprirea bruscă a efortului.

În perioada de răcire se folosesc mai ales exerciţii libere ample, de tip calistenics, alergare uşoară, relaxări segmentare prin mişcări oscilatorii, stretching etc.

13.7.6. *Modele practice de antrenament*

În continuare se vor prezenta câteva modele practice ale antrenamentului aerobic.

13.7.6.1. *Antrenament aerobic pentru forţă*

În 1997 Feigenbaum M.S. şi Pollock M.L. publică o lucrare de sinteză pe baza unei bogate bibliografii asupra *„programului de antrenament al forţei"* utilizat ca program aerobic nu numai pentru creşterea forţei musculare, ci şi ca program pentru ridicarea nivelului de fitness.

Toate studiile sunt de acord că un astfel de program este capabil să determine în timp (corect executat) toate fenomenele de adaptare morfologice şi funcţionale ale organismului descrise la începutul capitolului. Acest fapt fiind stabilit, autorii analizează sub raport practic cea mai bună structură a acestui program pentru adulţii sănătoşi dar sedentari, pentru persoanele vârstnice, pentru pacienţii cardiaci.

Structura unui program ţine seama de „volumul" exerciţiilor adică: setul × nr. seturilor × intensitatea (rezistenţa opusă mişcărilor), de *frecvenţă* (zile/săptămâni) şi bineînţeles de *modul* exerciţiului.

Un set de exerciţii reprezintă una sau mai multe tipuri de mişcări legate între ele care se repetă până la obţinerea senzaţiei de oboseală.

Un set poate fi format de extensia-flexia genunchiului prin genuflexii sau de sărituri de pe loc (ca mingea) sau un grupaj de exerciţii cu greutăţi (gantere) pentru mai multe grupe musculare, toate executate până apar primele semne de oboseală.

Practica antrenamentelor de forţă a stabilit ca un set să fie alcătuit din repetarea a 8-10 exerciţii (genuflexii, ridicări greutăţi, sărituri etc.). Pentru aceasta, de obicei prin tatonare, se stabileşte rezistenţa (încărcarea) care va declanşa oboseala la capătul celor 8-10 repetiţii. Încărcarea pleacă de la determinarea 1 RM adică capacitatea unei repetiţii cu încărcare maximă şi de la această valoare se utilizează anumite procentaje. Aşa, spre exemplu, se ştie cu aproximaţie că pentru 3 RM (adică apariţia oboselii după 3 repetiţii) trebuie lucrat pentru fiecare repetiţie cam cu 80%-85% din 1 RM, şi aşa mai departe.

Mulţi tehnicieni lucrează cu rezistenţa de 4-6 RM, iar alţii din contră preferă realizarea oboselii prin numărul de repetiţii 12-20 RM.

Personal, de foarte mulţi ani, am fixat acest parametru în jurul lui 10 RM considerând că un număr mai mare de exerciţii plictiseşte pacientul

iar un număr mai mic deci cu intensitate mai mare pe o mişcare poate fi uneori mai dificil de executat.

Ca regulă generală însă se măreşte numărul de repetiţii cu intensităţi scăzute pe o mişcare atunci când urmărim mai ales efecte de anduranţă şi mai puţin de forţă. Ca terminologie în antrenamentul aerobic de forţă se vorbeşte de „intensităţi înalte" la 1-6 RM încărcare, iar de „intensităţi moderate" la 8-15 RM, peste aceste cifre (18-30 RM) situându-se „intensităţile uşoare".

Intensităţile moderate şi uşoare sunt aplicate la neantrenaţi (nesportivi).

Se arăta mai sus că volumul antrenamentului este dependent şi de numărul de seturi performate. A fost înaintată acum câţiva ani regula a *„3 seturi de 8-12 repetiţii, de 3 ori/săptămână"*.

În ultimul timp studiile comparative tind să fie aproape toate de acord că este suficient un singur set de exerciţii pe zi (cel mult două) căci mai multe nu ar aduce o creştere a efectelor pozitive.

S-a concluzionat că mai ales la persoanele sedentare, în antrenament aerobic de dezvoltarea forţei prin inducerea oboselii, este mai important factorul „calitativ" (intensitatea) decât cel „cantitativ" (repetiţiile).

Un program de 1 set necesită 20 min în timp ce un program de 3 seturi necesită în medie 50 min argument de asemenea decisiv pentru prima variantă (Messier şi Dill).

Programele prevăd în general 3 şedinţe pe săptămână pentru a permite repaus timp de 48 de ore între şedinţe pentru recuperarea muşchilor antrenaţi (vezi un alt capitol). Această frecvenţă este cea mai utilizată în profilaxie, la vârstnici, la pacienţi. Pentru persoanele antrenate, sportivi, se merge până la 5 chiar 6 antrenamente pe săptămână, dar şi recomandările de 2 şedinţe pe săptămână nu sunt rare.

În tabloul 13.III. sintetizăm din ghidurile unor instituţii de profil *(American College of Sports Medicine, American Association of Cardiovascular and Pulmonar Rehabilitation, American Heart Association)* tipologia antrenamentului aerobic de forţă pentru adulţi sedentari, vârstnici şi pacienţi cardiaci.

TABLOUL 13.III

PARAMETRII ÎN ANTRENAMENTUL AEROBIC

	Nr. repetiţii pe set	*Nr. seturi pe zi*	*Frecvenţă pe săptămână*
Pentru adulţi sedentari	8-10 (12)	1 (2)	2 (3)
Pentru vârstnici	8-10 (15)	1	2
Pacienţi cardiaci	8-10 (15)	1	2 (3)

În paranteze sunt unele variante propuse.

În tabloul următor (tabloul 13.IV) tot din partea *American College of Sport Medicine* reproducem programul antrenamentului aerobic pentru indivizii sănătoşi pe 3 faze.

TABLOUL 13.IV

PROGRAMUL ANTRENAMENTULUI AEROBIC PENTRU INDIVIZII SĂNĂTOŞI PE TREI FAZE

Faza programului	*Săptămâna*	*Frecvenţa exerciţiului (şedinţe/săptămână)*	*Intensitatea exerciţiului (% $V0_2$ max)*	*Durata exerciţiului (min.)*
Stadiul iniţial	1	3	40-50	12
	2	3	50	14
	3	3	60	16
	4	3	60-70	18
	5	3	60-70	20
	6-9	3-4	70-80	21
Stadiul de ameliorare	10-13	3-4	70-80	24
	14-16	3-4	70-80	24
	17-19	4-5	70-80	28
	20-23	4-5	70-80	30
	24-27	4-5	70-85	30
Stadiul de menţinere	28+	3	70-85	30-45

Antrenamentul pentru forţă descris mai sus s-a referit în special la o metodologie de utilizare a contracţiilor musculare dinamice cu rezistenţă. Programul poate fi complexat prin introducerea şi de contracţii isometrice pentru anumite grupe musculare după cum poate fi realizat prin exerciţii isokinetice.

13.7.6.2. *Antrenament aerobic pentru anduranţă*

Este de asemenea mult utilizat. El poate avea structura celui de forţă utilizând însă intensităţi mai mici şi durate mai lungi. În plus, în această categorie se înscriu modalităţile de antrenament aerobic cele mai uzuale ca mersul, alergarea, înotul, ciclismul, gimnastica ritmică.

Acest antrenament utilizează grupuri largi musculare uneori chiar majoritatea massei musculare scheletale, comparativ cu antrenamentul de forţă care, spre exemplu, pentru cardiaci nu depăşeşte 1/6 din massa musculară (Huonker M., Halle M., 1996).

Exerciţiile de anduranţă se pot utiliza absolut de toate categoriile de persoane sănătoase sau bolnave cărora li se recomandă antrenament la efort aerobic.

După Braun L.T. (1991) acest gen de antrenament este cel mai indicat pentru cardiaci, căci determină cele mai multe efecte pozitive metabolice şi cardiovasculare.

După acest autor, pentru a dezvolta şi menţine aceste efecte la un cardiac, se recomandă ca exerciţiile de anduranţă să se desfăşoare de 3-5 ori/săptămână cu intensitate de 60-90% din ritmul cardiac maxim sau la 50-85% din rezerva maximă de ritm cardiac pe o durată de 20-60 min.

Pentru vârstnici, care pierd treptat massă musculară, le scad dramatic numărul de unităţi motorii ca şi concentraţia mitocondrială, ceea ce înseamnă scădere de forţă (prin reducerea massei musculare), scădere de anduranţă (prin scădere mitocondrială), scădere de coordonare (prin scădere de unităţi motorii şi a feedbackului sensitiv periferic), antrenamentul aerobic şi în primul rând cel pentru anduranţă are capacitatea nu numai să prevină dar chiar să refacă toate dezagrementele de mai sus (Tseng B.S., Marsh D.R. etc., 1995).

Modalitatea de antrenament aerobic pentru anduranţă este după unii autori deosebit de importantă pentru efectele realizate. Aşa, spre exemplu, pentru adulţii vârstnici mersul ar fi mult mai favorabil decât gimnastica ritmică sau pedalajul la ergociclu (Buchner D.M. şi colab., 1997).

Ca şi la antrenamentul aerobic pentru forţă şi la cel de anduranţă se pot introduce exerciţii statice (isometrice). De asemenea, combinarea antrenamentului aerobic pentru forţă cu antrenamentul pentru anduranţă chiar pe perioadă scurtă (3-4 săptămâni) determină creşterea $\dot{V}O_2$ max şi a fitnessului semnificativ mai mare decât al fiecărui program de antrenament singular (Mc Carthy J.P., Agre J.C. şi colab., 1995).

Programele de antrenare aerobică pentru anduranţă respectă principiul de bază al utilizării intensităţii medii sau chiar sub medie (în jur de 40% din intensitatea maximă) pentru creşterea rezistenţei musculare.

Durata unei şedinţe ajunge la o oră şi se poate repeta de 4-5 ori/săptămână.

13.7.6.3. *Antrenament aerobic pentru flexibilitate*

În centrele de fitness există larg răspândite şi programele pentru flexibilitate care urmăresc deci în primul rând obţinerea unor amplitudini de mobilitate articulară cât mai mari.

Acest antrenament se bazează pe tehnicile de stretching (vezi capitolul respectiv). Exerciţiile de stretching pur nu pot depăşi pragul de efort aerobic pentru a determina efectele complexe morfofuncţionale necesare ridicării nivelului de fitness.

Totuşi, acest antrenament în afară de faptul că măreşte flexibilitatea structurilor articulare determină:

- scăderea durerilor musculare;
- reduce riscul traumatismelor aparatului locomotor la sportivii amatori sau profesionişti sau la vârstnici;
- induce o stare de relaxare (fizică şi mentală);
- scade starea de stress realizând o „stare de bine".

Stretchingul în sine durează câteva secunde (cca 15-30 sec) pentru fiecare direcţie de mişcare a unei articulaţii, repetat pe această mişcare de cel puţin 3-4 ori. Executate pe principalele articulaţii şi direcţii de mişcare stretchingul propriu-zis durează deci 10-15 min.

Programul de antrenament pentru flexibilitate se complexează de obicei cu exerciţii aerobice pentru forţă sau anduranţă mergându-se până la un program total de 30-45 minute de 5 ori pe săptămână.

O parte importantă (şi obligatorie) a acestui program este perioada de încălzire de 5-10 min înainte de a începe stretchingul propriu-zis. Încălzirea se realizează prin mişcări dinamice cu slabă rezistenţă (gravitaţia sau puţin peste).

Indicaţia programelor pentru flexibilitate este mai ales pentru adulţii sedentari şi pentru profilaxia sau tratamentul decondiţionării vârstnicilor.

Pentru sportivi acest program este obligatoriu înainte de orice antrenament.

Adaptări fiziologice ale aparatului locomotor la antrenamentul cu rezistenţă (sinteză)

În diverse capitole şi subcapitole ale acestei monografii şi mai ales în acest capitol despre exerciţiul aerobic şi antrenamentul la efort s-a discutat despre efectele acestui exerciţiu şi ale efortului asupra organismului ca întreg, precum şi asupra unor structuri şi funcţii precizate.

S-a subliniat în mod repetat importanţa parametrilor exerciţiului aerobic (intensitate – durată – frecvenţă) pentru a putea înregistra modificări funcţionale şi structurale. Aceşti parametri la un loc sunt percepuţi ca „rezistenţă" fără de care structurile aparatului neuromusculoartrokinetic nu se adaptează la antrenamentul la efort.

Acest subcapitol va repeta aproape în totalitate noţiuni care au mai fost discutate. Am considerat că sub raport didactic ar fi necesar într-o sinteză să fie strânse la un loc toate aceste efecte de adaptabilitate după antrenamentul aerobic pe care le înregistrează funcţia şi structurile aparatului kinetic. Această succintă prezentare are şi un alt obiectiv, şi anume de a se înţelege că „performanţa" în sport (activitatea fizică, în general) în mod obligator nu va putea fi atinsă fără să se realizeze aceste adaptări de către organism. Cu cât acestea vor fi mai intense, cu atât performanţa va fi mai înaltă.

Sistemul nervos, sistemul de comandă participă pe mai multe planuri la performanţă. La nivel medular, recrutarea unităţilor motorii ca şi frecvenţa de descărcare a poolului neuronal (sumaţia spaţială şi temporală) sunt condiţii sine qua non pentru dezvoltarea forţei. În acelaşi timp, fixarea schemelor de descărcare *(task dependency)* îşi are şi localizare neuronală periferică.

Contribuţia creierului este decisivă mai ales prin crearea zidurilor de inihibiţie în jurul zonelor de proiecţie sensitivo-motorie ale engramelor necesare unei anumite activităţi fizice.

Să adăugăm rolul sistemului limbic în realizarea substratului motivaţional şi voliţional în executarea activităţii.

Sistemul muscular; sistemul efector al exerciţiului aerob resimte în primul rând influenţele efortului.

Creşterea recrutării unităţilor motorii se face atât pentru fibrele I, cât şi pentru fibrele II. Ca rezultat, suprafaţa de secţiune a ambelor va creşte treptat. Hipertrofia muşchiului va putea fi astfel realizată în câteva luni de antrenament. Antrenamentul chiar în primele 2 săptămâni aduce transferul fibrelor. În mod sigur, subtipul fibrele II B se transformă în II A. S-a discutat mult că transferul important s-ar face între tipul I spre tipul II. Nu toţi cercetătorii sunt însă de acord cu această problemă.

Limita hipertrofiei celulei musculare nu a fost determinată, iar teoretic nu ar exista o astfel de limită. În practică, vorbim de „dimensiuni optime" ca plafon al hipertrofiei după perioade lungi de antrenament rezistiv.

Hipertrofia are la bază creşterea în dimensiuni şi în număr a miofibrilelor şi de asemenea o remodelare proteică celulară. Creşterea numerică a microfilamentelor de actină şi miozină cu adăugarea de sarcomeri vor mări dimensiunile muşchiului. Se pare că pe prim loc este creşterea densităţii actinei nu şi a miozinei fără ca aceasta să modifice configuraţia punţilor transversale.

Sinteza crescută proteică contractilă din afara miofibrilei contribuie la hipertrofie. Creşterea proteică ar putea avea la bază nu numai o creştere de sinteză dar şi (sau numai) o scădere a distrugerii proteice.

Exerciţiile intense rezistive induc lezări de fibre musculare care se repară prin procese de remodelare ce au la bază mecanisme metabolice şi endocrine. Important de semnalat că, odată individul ajuns la o bună stare de antrenament (performeur), distrugerile musculare prin exerciţii intense se produc mult mai puţin.

O posibilă hiperplazie (creşterea numărului de fibre musculare) care să contribuie la creşterea dimensiunilor musculare este pusă în discuţie de curând, ea fiind demonstrată la unele animale şi mai ales la păsări. La om, chiar dacă ea există, ar contribui cu sub 5% în situaţii excepţionale şi doar la unii indivizi.

Un muşchi în activitate crescută are nevoie de o circulaţie crescută ce se realizează printr-o capilarizare mai bună. Este un proces destul de îndelungat cerând aproximativ 12 săptămâni de antrenament. Pentru un astfel de obiectiv este de preferat un antrenament cu raport tip intensitate mai slabă/volum crescut de antrenament, decât un antrenament de tip intensitate crescută/volum scăzut de antrenament.

Atenţie! Mioglobina scade în antrenamentul de forţă, motiv pentru care s-a postulat că: „antrenamentul de forţă prelungit poate scădea capacitatea muşchiului de a extrage O_2". Starea iniţială a muşchiului are însă un important rol asupra apariţiei fenomenelor de mai sus.

Evident, pentru un muşchi în antrenament, problema consumului energetic este deosebit de importantă şi strâns legată de cea a enzimelor implicate. Trebuie să ne aşteptăm să crească activitatea enzimelor legate de sistemele energetice ATP-creatinină şi de glicoliză anaerobică ca şi sistemele aerobice. Modificarea activităţii enzimatice este însă mai legată de durata seturilor de exerciţii, decât de volumul travaliului global. Un exerciţiu scurt,

dar foarte intens, are efecte minimale asupra echipamentului energetic enzimatic. Depozitele de ATP, creatinină şi glicogen cresc în antrenamentul rezistiv, dar fenomenul nu se observă întotdeauna. Şi în acest caz, se pare că starea muşchilor dinaintea exerciţiului ar avea un rol important ca şi tipul de program efectuat.

Vorbind de consum energetic trebuie amintit comportamentul consumului maxim de O_2 ($\dot{V}O_2$ max). În general, nu se consideră că el ar fi afectat semnificativ de antrenamentul rezistiv.

Dar antrenamentul „în circuit cu greutăţi" care performează seturi de exerciţii de 12-15 repetiţii cu 40-60% 1 RM cu perioade scurte de repaus de 15-30 sec între exerciţii şi seturi ar fi capabil să crească uşor $\dot{V}O_2$ max. Cu alte cuvinte, ar fi nevoie de programe cu volum crescut de antrenament şi cu scurte perioade de repaus între seturi şi exerciţii pentru a sconta într-o creştere a $\dot{V}O_2$ max (sub 15-20%). Ca metodologie generală, dacă se urmăreşte creşterea de $\dot{V}O_2$ max trebuie introduse obligatoriu în programul de antrenament exerciţii pentru anduranţă.

Ţesut conjunctiv, os şi cartilaj

Activitatea fizică ar determina creşterea rezistenţei tendoligamentare. Afirmaţia se bazează mai ales pe faptul că după lezarea acestor structuri activitatea fizică restabileşte mai repede rezistenţa lor decât dacă s-ar menţine inactivitatea regiunii respective.

Exerciţiile care cresc anduranţa musculară sunt cele indicate şi pentru refacerea ligamentară şi/sau tendinoasă.

Ţesutul conjunctiv muscular (cca 15% din massa muşchiului) se hipertrofiază şi el cam în acelaşi ritm cu hipertrofia musculară.

Antrenamentul rezistiv introdus atrage şi o creştere a grosimii cartilajului hialin articular ceea ce va îmbunătăţi calităţile de amortizor al şocurilor pe care le are cartilajul. Nici osul nu rămâne indiferent după antrenamentul rezistiv. Osul este structural sensibil la presiunile care se exercită asupra lui (legea lui Wolf). Schimbările în rezistenţă ale osului se produc însă foarte lent, în 6-12 luni şi sunt necesare exerciţii intense cu rezistenţă mare, cu multiple seturi. Numai astfel se vor produce modificările scontate în metabolismul osos.

Dăm în continuare un tablou cu principalele adaptări fiziologice după antrenamentul rezistiv (după Falkel J., Ciprian D).

1. *Performanţă*

• Forţă musculară	creşte
• Anduranţă musculară	creşte la nivelul puterilor mari
• Puterea aerobică	fără modificări sau uşoară creştere
• Viteza maximă a producerii forţei	creşte
• Săritura în sus	creşte abilitatea
• Puterea anaerobă	creşte
• Viteza de sprint	creşte

2. *Fibrele musculare*

• Diametrul fibrelor	creşte
• Densitatea capilarelor	nu se modifică
• Densitatea mitocondriilor	scade
• Lanţul greu miozinic	creşte cantitativ

3. *Activitate enzimatică*

• Creatin fosfokinaza	creşte
• Miokinaza	creşte
• Fosfofructokinaza	creşte
• Lactat dehidrogenaza	nemodificată

4. *Stocări de energie metabolică*

• Stocare ATP	creşte
• Stocare creatinfosfat	creşte
• Stocare glicogen	creşte
• Stocare trigliceride	posibil să crească

5. *Ţesut conjunctiv*

• Forţa ligamentară	posibil să crească
• Forţa tendon	posibil să crească
• Conţinut colagenic	posibil să crească
• Densitate osoasă	nemodificat sau creşte

6. *Compoziţia corpului*

• Procentajul de grăsime	scade
• Massa corpului fără grăsime	creşte

13.8. *TESTAREA EXERCIŢIILOR AEROBICE*

În subcapitolele anterioare s-a accentuat permanent ideea dozării antrenamentului aerobic pentru a corespunde capacităţii de efort a persoanelor antrenate, orice exagerare putând aduce neplăceri serioase.

S-a arătat de asemenea şi importanţa valorii prag a intensităţii antrenamentului.

Stabilirea programului de antrenament sub raportul încărcării toleranţei la efort trebuie să aibă la bază testarea acestei toleranţe atât la persoanele sănătoase, dar mai ales la bolnavii cardiovasculari şi la vârstnici.

Orice testare propune două componente:

1. Cum testăm?
2. Ce testăm?

13.8.1. *Cum testăm?*

Au fost descrise şi utilizate o multitudine de teste pentru aprecierea gradului de fitness la sănătoşi şi/sau bolnavi.

Practic în funcţie de posibilităţile materiale existente, practica testatorului şi complianţa testatului se pot imagina o infinitate de teste.

Există desigur un grup de teste standardizate care prin valorile de referinţă uşurează evaluarea.

Exemplificăm cu un grupaj de astfel de teste:

13.8.1.1. *Testare pentru persoane tinere sau de vârstă medie sănătoase (testarea fitnessului)*

- *Alergarea.* Test simplu de executat. Se practică în 2 modalităţi:
  - durata pe o distanţă fixă;
  - distanţa parcursă pe o durată fixă.

Pe aceste două modalităţi se practică: alergare pe 2.000 m, alergare timp de 12 min, 3 sprinturi pe 140 m cu 2 min pauză între ele (distanţele şi minutele putând fi modificate), alergare pe loc în ritm de metronom etc.;

- *Testare pe paliere* (în trepte) permite o măsurare în direct a $\dot{V}O_2$ max.

Fiecare palier reprezintă un efort de 3-6 min şi de obicei sunt necesari 4-6 palieri cu intensităţi crescânde.

Ca efort se practică: pedalarea la ergociclu, alergarea pe covor rulant, urcarea treptelor la scăriţă, genuflexii, alergare pe loc după metronom, vâslit în bac, învârtirea unei roţi etc.

Se consideră că s-a atins $\dot{V}O_2$ max. când:

- individul se opreşte spontan, epuizat;
- consumul de O_2 nu mai creşte cu creşterea intensităţii efortului la o nouă treaptă;
- ritmul cardiac atinge şi depăşeşte 190 bătăi/min.

Testarea pe paliere se face pe baza unor protocoale atente. În prezent se utilizează protocolul Astrand. Conform acestui protocol, cele 4-6 paliere îşi cresc treptat intensitatea cu creşterea pantei covorului rulant cu 2,5-10 grade, viteza covorului rămânând constantă (între 8-14,5 km/oră).

Dacă efortul este pe bicicletă se menţine ritmul de 50 rotaţii pe minut şi se cresc minutele sau încărcarea (W) dacă avem o bicicletă ergometrică.

Dacă se utilizează scăriţa (41,6 cm treapta) ca în testul Master, urcările şi coborârile se fac în ritm de metronom: 30 trepte/min, 5 minute (testul Harvard) sau 22 trepte/min, 3 min (testul colegiului Queens) repetând exerciţiul.

Calculul valoric al efortului la scăriţă (în Watti) se face prin formula:

$$\text{Putere (W)} = \frac{4}{3} \times \frac{Gr \times 9{,}81 \times \hat{I} \times f}{60}$$

Gr = greutatea în kg
Î = înălţimea (exprimată în m) a treptei
f = numărul de urcări pe min
9,81 = cifra de transformare a kg m în W.

Sau calculăm travaliul şi nu puterea prin formula mai simplă:

$$\text{Kgm / min} = \frac{\text{Gr (kg)} \times \hat{I}\text{ (cm)} \times \text{nr (trepte pe minut)}}{100}$$

Se va avea grijă să se ţină seama că exerciţiile făcute cu membrele superioare sunt mai solicitante, că $\dot{V}O_2$ max este mai mare la covorul rulant decât la bicicletă (fără semnificaţie clinică însă), că frecvenţa cardiacă creşte mai mult şi mai repede la bicicletă decât la covorul rulant etc.

13.8.1.2. *Testare pentru persoanele vârstnice şi pentru bolnavi (testarea de stress)*

Pentru orice persoană care ar putea prezenta un risc la testare, devine absolut necesar un examen clinic atent şi o monitorizare în timpul efortului.

La aceste persoane testarea de efort este numită *„testarea de stress"* căci poate deveni intens solicitantă.

a) ***Testarea pe paliere*** este cea mai corectă căci permite, pornind de la nivele joase de efort, să se tatoneze toleranţa, având tot timpul pacientul monitorizat şi în primul rând cu electrozii de ECG fixaţi. De asemenea, apariţia semnelor clinice nefavorabile (durere precardiacă, wheezing, aritmii, dispnee etc.) alături de valorile pulsului şi TA care pot creşte alarmant indică oprirea imediată a efortului indiferent pe ce palier ne aflăm.

Efortul pe primul palier va fi redus. Durata unui palier este mai mică de 2-6 min. Uneori după o primă tatonare în laboratorul de testare, a doua zi se execută de fapt testarea în trepte.

În general, $\dot{V}O_2$ max se aproximează teoretic şi se testează la eforturi între 40 şi 80% din $\dot{V}O_2$ max sau la 30-60% din rezerva maximă cardiacă.

b) ***Alte metode de testare,*** în general în afara laboratoarelor de testare, pot fi utilizate pe baza aprecierii stării de sănătate-boală a fiecărui caz în parte.

- Mersul este deseori utilizat ca modalitate de testare. Există astfel: „mersul de 6 min", „mersul pe 1 milă (1600 m)", „mersul pe 2 km" etc. Există o serie de nomograme sau calcule teoretice care apreciază mărimea consumului de O_2 (mărimea efortului) prin mers.

Iată, spre exemplu, calculul testului Rockport (mers cât poate de repede pe 1 milă):

Pentru femei:

$\dot{V}O_2$ = 139,168 – (0,388 × vârsta) – (0,077 × greutatea în lb) – 3,265 × timpul realizat pe 1 milă) – (0,156 × ritm cardiac în final).

1 lb = 1 livră = 1 pound = 435,592 g.

Iar pentru bărbaţi se adaugă 6,318 la ecuaţia de mai sus.

- Activităţile fizice de muncă, de sport, sau ale vieţii zilnice pot constitui testări de efort pornindu-se de la valoarea echivalenţilor metabolici con-

Practic în funcţie de posibilităţile materiale existente, practica testatorului şi complianţa testatului se pot imagina o infinitate de teste.

Există desigur un grup de teste standardizate care prin valorile de referinţă uşurează evaluarea.

Exemplificăm cu un grupaj de astfel de teste:

13.8.1.1. *Testare pentru persoane tinere sau de vârstă medie sănătoase (testarea fitnessului)*

- *Alergarea.* Test simplu de executat. Se practică în 2 modalităţi:
  - durata pe o distanţă fixă;
  - distanţa parcursă pe o durată fixă.

Pe aceste două modalităţi se practică: alergare pe 2.000 m, alergare timp de 12 min, 3 sprinturi pe 140 m cu 2 min pauză între ele (distanţele şi minutele putând fi modificate), alergare pe loc în ritm de metronom etc.;

- *Testare pe paliere* (în trepte) permite o măsurare în direct a $\dot{V}O_2$ max.

Fiecare palier reprezintă un efort de 3-6 min şi de obicei sunt necesari 4-6 palieri cu intensităţi crescânde.

Ca efort se practică: pedalarea la ergociclu, alergarea pe covor rulant, urcarea treptelor la scăriţă, genuflexii, alergare pe loc după metronom, vâslit în bac, învârtirea unei roţi etc.

Se consideră că s-a atins $\dot{V}O_2$ max. când:

- individul se opreşte spontan, epuizat;
- consumul de O_2 nu mai creşte cu creşterea intensităţii efortului la o nouă treaptă;
- ritmul cardiac atinge şi depăşeşte 190 bătăi/min.

Testarea pe paliere se face pe baza unor protocoale atente. În prezent se utilizează protocolul Astrand. Conform acestui protocol, cele 4-6 paliere îşi cresc treptat intensitatea cu creşterea pantei covorului rulant cu 2,5-10 grade, viteza covorului rămânând constantă (între 8-14,5 km/oră).

Dacă efortul este pe bicicletă se menţine ritmul de 50 rotaţii pe minut şi se cresc minutele sau încărcarea (W) dacă avem o bicicletă ergometrică.

Dacă se utilizează scăriţa (41,6 cm treapta) ca în testul Master, urcările şi coborârile se fac în ritm de metronom: 30 trepte/min, 5 minute (testul Harvard) sau 22 trepte/min, 3 min (testul colegiului Queens) repetând exerciţiul.

Calculul valoric al efortului la scăriţă (în Watti) se face prin formula:

$$\text{Putere (W)} = \frac{4}{3} \times \frac{Gr \times 9{,}81 \times \hat{I} \times f}{60}$$

Gr = greutatea în kg
I = înălţimea (exprimată în m) a treptei
f = numărul de urcări pe min
9,81 = cifra de transformare a kg m în W.

Sau calculăm travaliul şi nu puterea prin formula mai simplă:

$$\text{Kgm / min} = \frac{\text{Gr (kg)} \times \hat{I}\text{ (cm)} \times \text{nr (trepte pe minut)}}{100}$$

Se va avea grijă să se ţină seama că exerciţiile făcute cu membrele superioare sunt mai solicitante, că $\dot{V}O_2$ max este mai mare la covorul rulant decât la bicicletă (fără semnificaţie clinică însă), că frecvenţa cardiacă creşte mai mult şi mai repede la bicicletă decât la covorul rulant etc.

13.8.1.2. *Testare pentru persoanele vârstnice şi pentru bolnavi (testarea de stress)*

Pentru orice persoană care ar putea prezenta un risc la testare, devine absolut necesar un examen clinic atent şi o monitorizare în timpul efortului.

La aceste persoane testarea de efort este numită *„testarea de stress"* căci poate deveni intens solicitantă.

a) ***Testarea pe paliere*** este cea mai corectă căci permite, pornind de la nivele joase de efort, să se tatoneze toleranţa, având tot timpul pacientul monitorizat şi în primul rând cu electrozii de ECG fixaţi. De asemenea, apariţia semnelor clinice nefavorabile (durere precardiacă, wheezing, aritmii, dispnee etc.) alături de valorile pulsului şi TA care pot creşte alarmant indică oprirea imediată a efortului indiferent pe ce palier ne aflăm.

Efortul pe primul palier va fi redus. Durata unui palier este mai mică de 2-6 min. Uneori după o primă tatonare în laboratorul de testare, a doua zi se execută de fapt testarea în trepte.

În general, $\dot{V}O_2$ max se aproximează teoretic şi se testează la eforturi între 40 şi 80% din $\dot{V}O_2$ max sau la 30-60% din rezerva maximă cardiacă.

b) ***Alte metode de testare,*** în general în afara laboratoarelor de testare, pot fi utilizate pe baza aprecierii stării de sănătate-boală a fiecărui caz în parte.

- Mersul este deseori utilizat ca modalitate de testare. Există astfel: „mersul de 6 min", „mersul pe 1 milă (1600 m)", „mersul pe 2 km" etc. Există o serie de nomograme sau calcule teoretice care apreciază mărimea consumului de O_2 (mărimea efortului) prin mers.

Iată, spre exemplu, calculul testului Rockport (mers cât poate de repede pe 1 milă):

Pentru femei:

$\dot{V}O_2$ = 139,168 – (0,388 × vârsta) – (0,077 × greutatea în lb) – 3,265 × timpul realizat pe 1 milă) – (0,156 × ritm cardiac în final).

1 lb = 1 livră = 1 pound = 435,592 g.

Iar pentru bărbaţi se adaugă 6,318 la ecuaţia de mai sus.

- Activităţile fizice de muncă, de sport, sau ale vieţii zilnice pot constitui testări de efort pornindu-se de la valoarea echivalenţilor metabolici con-

sumaţi în aceste activităţi şi cunoscuţi din tabelele cu aceşti echivalenţi (Tabloul 13.V).

TABLOUL 13.V

CONSUM ENERGETIC ÎN DIVERSE ACTIVITĂŢI UMANE

Categoria efortului	*Tipul activităţii*			
	Autoîngrijire, activităţi gospodăreşti, casnice	*Activităţi profesionale*	*Activităţi recreative*	*Antrenament fizic*
1. Foarte uşor • 3 Em • 10 ml O_2/kg corp/min • 4 kcal/min	spălat, îmbrăcat, bărbierit, lucru la birou, scris, cusut, gătit, condus maşina*, tricotat etc.	şedere la birou, stat în picioare (portar, vânzător, liftier etc.), condus un autoturism*, operator maşini de calcul	golf, biliard, tras cu arcul, pescuit (static)	mers (3 km/oră) pe teren plat, pedalat pe bicicletă ergometrică – cu încărcare uşoară –, gimnastică ritmică
2. Uşor • 3-5 EM • 11-18 ml O_2/kg corp/min • 4-6 kcal/min	spălat ferestre, ceruit uşor pardoseala, plivit, greblat frunze, cărat obiecte uşoare şi moderat de grele (6-12 kg)	aranjare în rafturi de obiecte uşoare**, sudură, reparaţii auto, asamblări piese	dans, golf (în mers), călărit, volei, mers pe bicicletă, tenis (dublu), badminton	mers (4-6 km/oră) pe teren plat, ciclism (10-12 km/oră), gimnastică ritmică uşoară
3. Moderat • 5-7 EM • 18-25 ml O_2/kg corp/min • 6-8 kcal/min	săpat uşor în grădină, urcarea lentă a scărilor, cărat greutăţi de 15-30 kg, tăiat lemne	tâmplărie, săpat în grădină, lopătat gunoiul, lucru cu unelte pneumatice	tenis (simplu), badminton (de competiţie), schi (coborâre pe pantă), baschet, fotbal (amator), patinaj, călărie	mers (7,5-8 km/oră) pe teren plan, ciclism (15-16 km/oră), înot (bras)
4. Greu • 7-9 Em • 23-32 ml O_2/kg corp/min • 8-10 kcal/min	idem, dar la intensităţi şi durate mai mari	săpat şanţuri**, săpat şi aruncat cu lopata**, muncă la un cuptor	canotaj**, urcat pe munte, scrimă, handbal (intensitatea practicării lor conferind caracterul de moderat sau greu al efortului)	alergare (8 km/oră), înot (craul), gimnastică grea, ciclism (18-19 km/oră), lucru la aparate statice de vâslit
5. Foarte greu • peste 9 EM • 32 ml O_2/kg corp/min • 10 kcal/min	cărat greutăţi pe scară**, cărat greutăţi peste 40 kg**, lopătat zăpada**, lopătat în ritm de 10 ori/min, aproximativ câte 7 kg	muncă forestieră**, muncă fizică grea**	baschet de concurs, schi de fond etc.	alergare (10 km/oră şi peste), ciclism (20 km/oră şi peste sau pe pante), sărituri cu coarda

* Activităţi care pot produce stress psihologic, care supraîncarcă efortul.
** Activităţi ce necesită utilizarea intensă a braţelor, ceea ce reprezintă un efort suplimentar pentru cord.

Se apreciază modul de răspuns al individului la o primă activitate (de 3-4 EM) apoi, în palier, se trece la una mai intensă şi aşa mai departe.

13.8.1.3. *Testare pentru sportivi*

În laboratoarele de testări mai ales ale sportivilor s-au standardizat o suită de teste care se doresc relativ specifice pentru aprecierea separată a forţei musculare, puterii musculare şi anduranţei musculare. Unele dintre ele sunt utilizate şi pentru aprecierea sistemelor energetice aerobice şi anaerobice (a graniţei dintre ele).

Tuturor acestor teste li se pot aduce o serie de critici teoretice. Simplitatea lor ca şi valoarea practică bună de urmărire în timp au făcut totuşi să fie utilizate pe scară largă.

Vom înlista şi noi pe scurt, principalele aceste teste. Evident toate celelalte teste discutate rămân valabile.

A. ***Pentru forţă***

– *Testul 1 RM* despre care s-a mai discutat şi în alte capitole (o singură repetiţie maximă de ridicare a unei greutăţi, a 2-a nemaifiind posibilă) măsoară forţa isotonică a muşchilor. Simplu şi nu cere echipament deosebit. Foarte bun pentru retestări.

– *Testul forţei isokinetice* cere echipament scump (Biodex, Cybex, Nautilus etc.), se realizează prin seturi de forţe aplicate şi viteze diferite măsurând amplitudinea de mişcare.

– *Testul forţei de prehensiune* ce se execută prin strângerea unui dinamometru (braţul în atârnat, antebraţul în linie cu mâna care este la nivelul coapsei). Acest test a fost mult comentat deoarece se consideră că el ar orienta nu numai asupra forţei de prehensiune, ci şi asupra forţei generale.

În tabloul 13.VI. sunt redate valorile acestui test în kg pentru adulţi.

Este important ca dinamometrul să fie dimensionat adecvat la mărimea mâinii.

TABLOUL 13.VI

TESTUL DINAMOMETRIC AL PREHENSIUNII

Gradare (calificativ)	*Bărbaţi*	*Femei*
Excelent	> 64	> 38
Foarte bine	56-64	34-38
Peste mediu	52-56	30-34
Mediu	48-52	26-30
Sub mediu	44-48	22-26
Prost	40-44	20-22
Foarte prost	< 40	< 20

– *Testul forţei abdominale* se realizează din decubit dorsal prin ridicarea trunchiului. În funcţie de performanţa acestei ridicări, acest test se clasifică în 7 nivele de dificultate (vezi tabloul 13.VII).

Un atlet trebuie să execute la rând toate exerciţiile de la nivelul 1 la nivelul 7 (fără ca picioarele să se ridice vreun moment de pe duşumea).

TABLOUL 13.VII

TESTAREA FORŢEI MUSCULATURII ABDOMINALE

Nivel	*Calificativ*	*Mod de testare*
1	Prost	Ridicarea trunchiului: pumnii ajung la coapse
2	Slab	Ridicarea trunchiului: coatele ajung la coapse
3	Mediu	Ridicarea trunchiului: ambele mâini pe abdomen, pieptul ajunge la coapse
4	Bun	Ridicarea trunchiului: ambele mâini pe piept, antebraţele ajung la coapse
5	Foarte bun	Ridicarea trunchiului: ambele mâini la ceafă, toracele pe coapse
6	Excelent	Ridicarea trunchiului: 2 kg la ceafă, torace pe coapse*
7	Elită	Ridicarea trunchiului: 4, 5 kg la ceafă, torace la coapse*

* Greutăţile atârnă îndărătul capului (prinse cu o curea în jurul capului).

B. ***Pentru putere***

– *Testul săriturii verticale* se realizează cu ambele membre inferioare o săritură cu braţele în sus, şi încercând să se atingă cu vârful degetelor un punct cât mai sus pe perete. Iniţial, pe acelaşi perete din stând lângă zid, s-a notat punctul cel mai de sus la care ajunge vârful degetelor. Aprecierea testului este în centimetri dintre cele 2 puncte. Există o serie de variante ale acestui test (de exemplu săritura pe un picior, măsurarea timpului cât picioarele sunt în aer – măsurarea se face sărind de pe platforma unui aparat care măsoară în secunde şi zecimi de secunde – etc.).

Aprecierea puterii se face de la formula

$$P = W \times (4{,}9 \times I)^2$$

P = puterea în kgm/sex;
W = greutatea în kg;
I = înălţimea săriturii în metri

– *Testul săriturii de pe loc,* săritură cu ambele picioare cu balansarea braţelor. Test prea bine cunoscut încă din şcoală.

C. ***Testarea anduranţei***

– *Testul anduranţei abdominale,* din decubit dorsal cu picioarele pe duşumea, genunchii la 90°, mâinile la cap, se ridică trunchiul, coatele să atingă coapsa, apoi imediat se revine, se repetă (20-60 sec). Testul permite şi diverse variante.

– *Testul ridicării „în braţe",* din atârnat la bară (palmele privesc spre corp), se ridică în braţe până când bărbia atinge bara, se coboară până când membrele superioare sunt complet întinse, se reia până la oboseală;

– *Testul flotărilor,* obişnuitele flotări pe braţe din sprijin pe vârfurile picioarelor şi palmelor. Atenţie, corpul în linie, iar membrele superioare complet întinse. Se repetă până la oboseală.

D. *Alte teste*

– *Testul sprintului,* cronometrarea sprintului la viteză maximă pe distanţe variabile: 20, 40, 50 metri. Pentru sportivi se merge până la 200 m.

– *Testul Wingate* de 30 sec, se pedalează cu viteză maxim posibilă 30 sec. Încărcarea ergociclului este fie de 45 g/kg corp (testul Fleisch), fie 75 g/kg corp (testul Monark). Pentru atleţi încărcarea poate creşte după cum pentru copii poate fi mult mai mică.

13.8.2. *Ce testăm?*

Modul în care reacţionează la efort persoanele tinere sănătoase, vârstnicii sau bolnavii se apreciază printr-o serie de teste care evidenţiază răspunsul cardiovascular, respirator sau/şi metabolic al organismului la diferitele nivele de efort.

În mod ideal, ar trebui testat consumul maxim de O_2, treapta superioară a efortului aerobic sau după unii valoarea lactatului din sângele capilar (Held T. şi colab., 1997; Zeni A.J. şi colab., 1996) care s-ar corela mai bine cu solicitarea cardiacă din timpul efortului aerobic. La valorile de vârf ale acestor elemente metabolice, corespund la diversele persoane testate o serie de parametri cardiovasculari şi respiratori pe care trebuie să-i considerăm maximali pentru un efort la limita toleranţei. Astfel de parametri sunt ritmul cardiac, tensiunea arterială, debitul cardiac, ventilaţia etc.

Considerând efortul aerobic maximal (care atinge $\dot{V}O_2$ max) ca valoare 100% se stabilesc pentru antrenament, eforturi submaximale de 60-70-80% (sau cât se consideră) urmărindu-se clinic ca parametrii cardiovasculari şi respiratori să se ridice în efort la procente asemănătoare din valoarea lor maximală*.

Când s-a discutat de intensitatea antrenamentului aerobic (vezi mai sus) s-au amintit importanţa „ritmului cardiac maxim" (220 – vârsta sau 215 – vârsta × 0,66), a „rezervei de ritm cardiac" precum şi „ritmul cardiac de antrenament" calculat după formula lui Karvonen. Aceşti parametri reprezintă modalităţile cele mai obişnuite clinice de a urmări şi cuantifica efortul.

La vârstnici şi cardiaci un index bun este şi calcularea „deficitului cronotropic" care se exprimă la % din formula:

$$D - C\% = \frac{P_{mxt} \cdot P_{mxef}}{P_{mxt}} \times 100$$

în care:
P_{mxt} – ritmul cardiac maxim teoretic pentru vârsta bolnavului;
P_{mxef} – ritmul cardiac maxim efectiv înregistrat în efort.

* Recomandăm să se citească anexa de la acest capitol, despre efortul anaerobic, pentru a se înţelege mai bine limita efortului aerobic maximal.

Un parametru-test (clinic) căruia i se dă mult credit în prezent este *„aprecierea perceperii efortului"*, un test subiectiv care constă în evaluarea şi exprimarea de către pacient a stării lui generale la nivelul de vârf al toleranţei (starea de oboseală, sudoraţia ± presiune toracică etc.). Este un test cu mare variabilitate individuală, dar se consideră ca valoros mai ales la persoanele care – instruite asupra acestuia – nu încearcă voliţional să mai prelungească efortul în ciuda apariţiei tabloului *„perceperii efortului"* (sau *„simţul efortului"*).

O altă modalitate de orientare asupra efortului este aprecierea pe baza valorilor precalculate în echivalenţi metabolici a diverselor activităţi lucrative, sporturi, activităţi de agrement (vezi tabloul 13.V).

În anexa la acest capitol, care se ocupă de exerciţiul anaerobic sunt de asemenea discutate câteva teste specifice pentru sistemul energetic anaerobic (datoria de O_2, lactatul maxim din sânge, deficitul de O_2). Aceste teste plasează prin valorile lor limita între efortul aerobic şi cel anaerobic.

Pe baza acestor teste (mai ales a lactatului) s-au putut obţine corelările pentru eforturi de intensităţi progresive (în palier) între *„puterea maximă aerobică"* şi *„capacitatea maximă aerobică"* pe de o parte şi *„puterea alactică anaerobă"*, *„puterea lactică anaerobă"*, respectiv *„capacitatea alactică anaerobă"* şi *„capacitatea anaerobă"*, pe de altă parte.

Corelările au demonstrat evidenţa diferenţelor cantitative ca suport al noţiunilor de performanţe ale travaliului aerobic şi anaerobic şi în acelaşi timp distincţia între „capacitate" şi „putere" (Bonlay M.R., Lortie G. şi colab., 1985).

13.9. *EXERCIŢIUL ANAEROBIOTIC (ANAEROBIC) (ANEXA)*

Cum s-a mai arătat, sistemul energetic anaerobiotic are ca sursă glicogenul (glucoza) şi nu necesită O_2 pentru a funcţiona.

Alături de sistemul energetic al fosfocreatininei, sistemul anaerobic asigură energia primelor cca 2 min, de la începerea efortului, adică până când sistemele oxidative (aerobice) îşi pot începe activitatea. Dar şi eforturile exhaustive (de mare intensitate) care depăşesc capacităţile oxidative musculare sunt obligate să facă apel şi la sistemul energetic anaerobic. De altfel, factorul cel mai important care face distincţia între antrenamentul aerobic şi anaerobic este intensitatea acestuia.

Sistemul poate funcţiona pe perioadă scurtă (aprox. 2 min) căci îşi epuizează repede depozitele de „combustibil", glucoza. Funcţionarea lui lasă ca „deşeu" al activităţii musculare, metaboliţi (ac. lactic, ac. piruvic) care nu au putut fi degradaţi complet, până la $H_2O + CO_2$.

Spre deosebire de sistemul aerobic care antrenează răspunsuri generale, sistemul anaerobic răspunde în primul rând prin fenomene locale şi foarte puţin prin fenomene adaptative (Cahill B.R., Misner J.E., 1997).

În timpul exerciţiilor cu mare intensitate, turnoverul ATP creşte semnificativ căci o parte din ATP-ul utilizat este regenerat anaerobic, independent deci de consumul de O_2. Producerea lactatului este responsabilă de 75% din producţia de ATP anaerobic în timp ce distrugerea fosfocreatininei de producţia restului de 25% ATP.

De altfel *„capacitatea anaerobică"* a organismului a fost definită ca: „valoarea maximă de ATP resintetizată de întreg organismul prin metabolismul anaerobic în timpul unui exerciţiu maximal de durată scurtă" (Green S., Dawson B., 1993).

Capacitatea anaerobică se măsoară în special pe baza a 3 teste care validează starea anaerobică a organismului: datoria de O_2 (alactică sau totală), lactatul maxim sanguin şi deficitul de O_2.

– *Datoria de O_2* (*alactică* în primele secunde, motiv pentru care ea măsoară „puterea alactică anaerobică" şi *lactică* în ultimele 5 sec ale exerciţiului de 30 sec, care măsoară „puterea lactică anaerobică") reprezintă cel mai vechi test, de peste 60 de ani, dar foarte corect el nu exprimă doar capacitatea anaerobică, căci mărimea acestei datorii ţine şi de alţi factori absolut independenţi de metabolismul anaerobic (temperatură, catecolamine etc.).

– *Lactatul maxim* din sânge este un bun test care se corelează cu intensitatea exerciţiului anaerobic dar nu şi cu alţi parametri biochimici sau fiziologici ai capacităţii anaerobice. Se consideră că pragul lactatului sanguin în condiţia metabolică anaerobă este 4 mmol/l. Această valoare ar reprezenta pragul între un exerciţiu aerobic şi unul anaerobic (Kindermann W., Simon G., Keul J., 1979). Aşadar pentru a fi siguri de un exerciţiu, trebuie să realizăm valori ale lactatului de 4 şi peste 4 mmol/l.

– *Deficitul de O_2* deşi este un test cu destulă sensibilitate nu prezintă foarte multă încredere în ceea ce priveşte raportul între intensitatea capacităţii anaerobice şi mărimea deficitului de O_2. Se pare că testul subestimează intensitatea efortului (Bangsbo J., 1996; Vandewall H. şi colab., 1987).

Capacitatea anaerobică care se testează aşa cum s-a văzut mai sus este doar una din modalităţile de apreciere a sistemului energetic anaerobic.

O altă modalitate este determinarea *„puterii anaerobice"*, adică a „abilităţii de a exercita o forţă maximă în cel mai scurt timp posibil".

Pentru a aprecia „puterea anaerobică", se utilizează teste care urmăresc realizarea maximă a cuplului forţă-velocitate.

S-au standardizat câteva teste cum ar fi:

- *testul Wingate* de pedalare intensă la ergociclu;
- *testul Margaria* de urcare rapidă a treptelor;
- *testul săriturii în sus;*
- *testul sprintului* (de 50 m sau 200 m);
- *testul isokinesiei* prin extensia genunchiului etc.

Există o destul de bună corelare a acestor teste care reuşesc să determine intensităţi declanşatoare ale sistemului anaerobic (Patton J.F., Duggan A., 1987).

Sub raport practic s-a pus în discuţie problema dacă exerciţiile anaerobice pot fi utilizate în antrenamentul sportivilor căci evident pentru restul categoriilor de persoane nu se pune problema. Este vorba dacă un antrenament anaerobic poate aduce adaptări biochimice, musculare, cardiovasculare şi, mai presus de orice, creşteri ale capacităţii anaerobice ceea ce ar însemna adaptări energetice importante, adică ar demonstra că această capacitate anaerobică poate fi antrenată.

Diverse studii au demonstrat că în 6 săptămâni de antrenament, capacitatea anaerobică a crescut cu 10% (Medbo J.J. şi colab., 1990, 1993). În acelaşi timp, o serie de adaptări fiziologice pot fi înregistrate.

Antrenamentul anaerobic nu face parte din metodologia de kinetoterapie, nici profilactică, nici de recuperare.

Capitolul 14

ADAPTĂRI ACUTE ŞI CRONICE ALE SISTEMULUI MOTOR

14.1. *REACŢII ŞI ADAPTĂRI ACUTE* 574
14.1.1. **Reacţia de „încălzire"** ... 574
14.1.2. **Reacţia dureroasă** 576
14.1.2.1. *Injuria de efort (durere acută)* ... 576
14.1.2.2. *Durerea musculară întârziată* 578
14.1.3. **Reacţia de oboseală** 580
14.1.3.1. *Dependenţa de sarcină* 581
14.1.3.2. *Dependenţa de sensoriu* 586
14.1.4. **Reacţia de potenţare musculară** 588
14.1.4.1. *Răspunsuri monosinaptice* 588
14.1.4.2. *Potenţialele miniaturale ale plăcii finale* 589
14.1.4.3. *Potenţarea posttetanică* 590
14.2. *ADAPTĂRI CRONICE* 590
14.2.1. **Principiile antrenamentului** 591
14.2.2. **Adaptarea pentru forţă** 592
14.2.2.1. *Adaptarea neurală a forţei* 592
14.2.2.2. *Adaptarea musculară a forţei* . 595
14.2.2.3. *Antrenamentul pentru forţă* 597
14.2.3. **Adaptarea pentru putere** 599
14.2.3.1. *Producerea puterii şi mişcarea* 600
14.2.4. **Adaptarea la activitate redusă** 601
14.2.4.1. *Imobilizarea membrului* 601
14.2.4.2. *Suspendarea trenului posterior* . 602
14.2.4.3. *Secţiunea spinală* 603
14.2.5. **Refacerea motorie după lezarea sistemului nervos** 604
14.2.5.1. *Refacerea sistemului nervos periferic* 604
14.2.5.2. *Refacerea sistemului nervos central* 606
14.2.6. **Dezadaptări şi adaptări cu vârsta** 606
14.2.6.1. *Dezadaptări la bătrâni* 606
14.2.6.2. *Adaptări la bătrâni* 610

În câteva capitole anterioare am abordat o serie de aspecte morfologice şi funcţionale ale sistemului motor, sistemul care realizează mişcarea. Dar această mişcare poate deveni ea însăşi un stress pentru sistemul motor, un stress pozitiv, realizând reacţii şi adaptări favorabile morfofuncţionale ale componentelor sistemului (ex. hipertrofie musculară şi creştere de forţă) sau, din contră, un stress negativ determinând lezarea sau scăderea performanţelor sistemului (rupturi de fibre, oboseală etc.).

Aceste reacţii la stress se pot exprima în timpul sau imediat după încetarea mişcării, reprezentând reacţii sau adaptări acute, sau se vor evidenţia

treptat, în timp, pe măsură ce sistemul motor este supus stressului în zile şi luni, reprezentând adaptările cronice.

Multe din noţiunile care vor fi expuse în acest capitol au fost deja analizate în diverse capitole anterioare. Reluarea unora dintre ele sub un unghi de vedere nou am considerat-o utilă pentru a crea kinetoterapeutului o înţelegere cât mai perfectă asupra binomului organ-funcţie al sistemului motor efector (muşchi) şi mişcare.

14.1. *REACŢII ŞI ADAPTĂRI ACUTE*

Activitatea musculară în desfăşurare şi în perioada post-activitate declanşează o serie de reacţii care au consecinţe directe asupra aparatului kinetic.

14.1.1. *Reacţia de „încălzire"*

Activitatea musculară, exerciţiile kinetice, aşa cum se ştie, determină încălzirea atât a muşchilor în activitate, cât şi o creştere a temperaturii centrale.

Exerciţiile uşoare, cele care urmăresc doar menţinerea flexibilităţii unei (sau unor) articulaţii, vor realiza doar o încălzire locală nu şi o creştere a temperaturii centrale. Această încălzire centrală a corpului este consemnată în literatura de specialitate cu termenii englezeşti de „warm up" sau „warming up".

Efectele acestei încălziri sunt deosebit de importante în special pentru activitatea în continuare a sistemului motor în cadrul antrenamentului. Iată principalele efecte:

- creşte fluxul sanguin muscular;
- scade vâscozitatea musculară;
- creşte extensibilitatea ţesutului conjunctiv;
- creşte viteza conducerii potenţialelor de acţiune;
- creşte disocierea O_2 din hemoglobină şi mioglobină;
- cresc reacţiile metabolice musculare;
- creşte puterea maximă a muşchiului (ex. săritura în sus este net mai înaltă);
- modifică pozitiv performanţa musculară cu parametrii ei.

Aşa, spre exemplu, creşte viteza de contracţie (respectiv scade timpul de contracţie şi timpul de înjumătăţire a relaxării).

Crescând cu cca 3° temperatura muşchiului obţinem o scădere a timpului de contracţie cu 7%, iar a timpului de înjumătăţire a relaxării cu 22%. Invers, o scădere a temperaturii la nivelul muşchiului (în baie de gheaţă) cu cca 8°, determină un efect invers şi foarte accentuat: creşte timpul de contracţie cu 38% şi pe cel al relaxării de jumătate cu 93% (Davies şi Young, 1983).

Se consideră că viteza de scurtare a fibrei musculare creşte cu 12% pentru fiecare creştere de 1° temperatură.

a) O primă problemă mult discutată (şi importantă) este dacă warm-up are vreo influenţă asupra tensiunii de contracţie atât a contracţiei tetanice cât şi a secusei. Răspunsul iniţial a fost ferm că tensiunea muşchiului nu se modifică cu temperatura.

Lucrările autorilor Ranatunga, Turnbull şi colab., 1987, demonstrează însă, pe baza înregistrării forţei maxime isometrice, că aceasta creşte în funcţie de temperatură, dar numai la variaţii mai mari ale acesteia. Astfel creşterea temperaturii în cvadriceps de la 30,4° la 38,5° creşte forţa isometrică maximă de la 262 Nm la 312 Nm adică cu 2,4% pentru fiecare 1°. (Notă: 1 kg forţă = 9,8 N). Testul săriturii în sus arată o creştere de 44% a înălţimii, iar puterea de pedalare la bicicletă a crescut cu 32%.

Datele de mai sus sunt mai mult decât demonstrative pentru efectele „încălzirii" muşchilor prin warm-up central.

Clinic percepem producerea acestei „încălziri" când apare perspiraţia, iar ritmul cardiac creşte evident.

Efectele „încălzirii" nu durează mai mult de 15 min după încetarea exerciţiului fizic.

b) O a doua problemă este rolul „încălzirii" asupra stiffnessului adică asupra raportului forţă/lungime. S-a pus mereu întrebarea dacă temperatura influenţează legăturile actină/miozină (Laki şi Robson, 1988; Proske, Morgan, Gregory, 1993). Răspunsul este afirmativ, căldura reduce stiffnessul prin perturbarea punţilor transversale.

S-a mai discutat în alt capitol că inactivitatea creşte stiffnessul prin dezvoltarea fenomenului de tixotropie care se combate prin stretching. Iată deci că şi căldura are acelaşi efect, iar sumarea acesteia cu stretchingul devine extrem de eficientă (vezi mai departe).

Este uşor de imaginat că sistemul nervos preferă să comande muşchii cu un stiffness minim care va răspunde imediat la diverse impulsuri.

Există însă şi un revers negativ al acestei probleme. Controlul postural este mai eficient în prezenţa unui stiffness crescut căci acesta conferă sistemului motor efector o mai mare „indiferenţă" de a răspunde prompt la diverse impulsuri perturbatoare.

c) O a treia problemă este cea a influenţei temperaturii asupra tonusului muscular. De fapt este asemănătoare cu cea de sus, căci dacă ne luăm după definiţie („rezistenţa la întinderea pasivă = tonus muscular") atât fenomenul de tixotropie cât şi creşterea tonusului muscular sunt asemănătoare ca manifestare la nivelul efectorului, dar bineînţeles nu şi din punct de vedere cauzal şi evident nici sub raportul intensităţii.

Cele două situaţii de tonus muscular crescut în mod patologic, spasticitatea piramidală şi rigiditatea extrapiramidală, beneficiază de „încălzire" care scade acest tonus, recele crescându-l.

„Încălzirea" muşchilor a devenit o procedură obligatorie înaintea activităţilor fizice mai intense (în sport, dans, antrenament la efort, program kinetic terapeutic).

Realizarea acesteia se face după o schemă bine precizată şi care trebuie respectată pentru a obţine maximum de efecte urmărite.

Un corect warm-up trebuie să ridice temperatura corpului cu 1-2°C. Se începe cu mişcări active articulare în ordinea: mâini-cot-umeri-cervical-trunchi-şolduri-genunchi-picioare pentru a asigura o bună lubrifiere articulară. Mişcările de circumducţie sunt deosebit de utile.

Se trece apoi la o activitate aerobică (alergare, sărit coarda, genuflexiuni, flotări etc.) care să determine creşterea debitului cardiac.

„Încălzirea" aceasta generală este doar primul pas al programului pregătitor pentru antrenamentul propriu-zis.

Va urma executarea stretchingului (care a fost discutat în alt capitol) şi apoi activitatea specifică sportivă, adică gestualităţi caracteristice antrenamentului sau a tipului de sport ce va urma.

În prezent, de fapt, noţiunea de *„warming-up"* cuprinde toate cele 3 momente: „încălzirea" propriu-zisă (denumită „încălzirea generală"), stretchingul şi activitatea specifică sportivă.

14.1.2. *Reacţia dureroasă*

Exerciţiul fizic, respectiv contracţia musculară, poate determina dureri. Durerile pot apărea în orice moment: în timpul exerciţiului chiar, imediat după terminarea lui sau la un interval variabil. Cauza şi substratul durerii este diferit în funcţie de momentul apariţiei ei.

În general, vorbim de „durere acută" sau „injurie de efort" *(strain injurie)* când durerea apare chiar în timpul efortului şi de „durere musculară întârziată" *(delayed-onset muscle soreness)* când ea apare după un interval liber.

Se mai vorbeşte şi despre „durere bună" *(good pain)* şi despre „durere rea" *(bad pain)*. Sportivii ştiu că, pentru a creşte performanţa, este necesar să le apară o stare de disconfort muscular, să simtă un fel de „arsură" moderată pe care o numesc „durere bună". Există chiar o zicală răspândită: „fără durere, nu câştigi" (no pain, no gain). Această durere însă este de scurtă durată şi doar în timpul efortului.

Despre „durerea rea" se va discuta în continuare.

14.1.2.1. *Injuria de efort (durere acută)*

A. ***Crampa musculară*** este o durere musculară produsă de o scurtare involuntară (contracţie concentrică) a muşchiului, declanşată de stimuli periferici (nu comandaţi). Menţinerea acestei contracţii puternice este foarte dureroasă, durerea dispărând practic odată cu relaxarea muşchiului.

Ca mecanism, crampa musculară are la bază hiperexcitabilitatea neuronului motor periferic probabil în asociere cu pierderea de lichide şi electroliţi (cu un nivel scăzut de magneziu).

Durerile din crampa musculară sunt conduse de la terminaţiile libere ale nervilor sensitivi tip III iritaţi de o contracţie involuntară, intensă, ce apare în timpul exerciţiului sau imediat după terminarea lui. Din fericire durează puţin, de la câteva secunde la câteva minute.

Foarte frecvent apare noaptea la o întindere a piciorului urmată de o contracţie prelungită. Fenomenul se produce ca în stretch-reflexul rapid (întindere → excitarea fusurilor motorii → contracţia puternică a fibrelor extrafusale). Sportivii (alergătorii, înotătorii etc.) cunosc bine crampa musculară care le blochează continuarea efortului. Între atleţii anglo-saxoni crampa este denumită „Charley horse".

Cauzele crampei musculare pot fi:

– supra- sau subutilizarea grupului muscular;

– proastă încălzire înainte de intrare în efort;

– pierdere de lichide, sare, potasiu, magneziu fără aport alimentar de înlocuire adecvat.

Mineralele se pierd repede în timpul efortului. În efort un aport insuficient de O_2 determină o acumulare de acid lactic care declanşează durerea. În general, crampa sportivului apare la eforturi care depăşesc 50% din capacitatea maximă de efort care ar reprezenta un fel de „prag".

Crampa musculară încetează dacă muşchiul respectiv este întins lent până la lungimea lui de repaus.

Au existat o serie de păreri asupra rolului aspirinei preventiv, luată înaintea competiţiei (20 mg/kg corp). Studiile lui Cook D., O'Connor P. şi colab., 1997 infirmă categoric vreun rol al aspirinei.

Mult mai favorabile sunt dietele bogate în potasiu, magneziu, calciu.

B. ***Întinderea musculară*** *(muscle strain)* este resimţită dureros ca o sfâşiere sau întindere ce se petrece invariabil la joncţiunea muşchi-tendon.

Întinderea apare mai ales la contracţia excentrică, când muşchiul poate dezvolta o forţă de câteva ori mai mare decât forţa isometrică maximă.

Energia de strain, adică tensiunea de întindere pe fibrele musculare, la muşchiul în contracţie, este de 2 ori mai mare (şi peste) decât tensiunea obţinută prin întinderea pasivă a muşchiului, deşi momentul de faliment (rupere) nu este decât cu 15% mai mare la muşchiul activ (fig. 14.1.).

În general, muşchii biarticulari sunt mai susceptibili să sufere întinderi, la fel şi muşchii care limitează amplitudinea unei mişcări articulare. În special fibrele tip II sunt mai sensibile la întindere.

Garrett (1990) arată că „strain-ul" se produce cu cea mai mare frecvenţă la muşchii: gastrocnemian, drept femural, triceps brahial, lung adductor, pectoral mare şi semimembranos.

Când întinderea este foarte violentă se produc leziuni, ruperi de fibre cu sângerări cu acumulări sanguine subcutane. Dacă aceste leziuni sunt tratate imediat (gheaţă + faşă compresivă) nu se instalează de obicei deficit funcţional.

C. ***Durerea simplă de efort*** este durerea obişnuită, frecventă, care apare în timpul exerciţiului sau imediat la terminarea lui şi dispare fie la încetarea

efortului sau câteva minute după efort (se admite până la 2 ore). Cauza este acumularea de metaboliţi acizi (ac. piruvic, ac. lactic) datorită unei circulaţii locale care nu face faţă solicitării.

Durerea este condusă de terminaţiile libere ale nervilor tip IV.

Tipurile de contracţii care declanşează aceste dureri sunt isometria şi contracţia concentrică susţinută sau ritmică.

Nu are nevoie de tratament căci dispare odată cu efortul şi cu restabilirea unei circulaţii adecvate. Face parte probabil din „durerea bună".

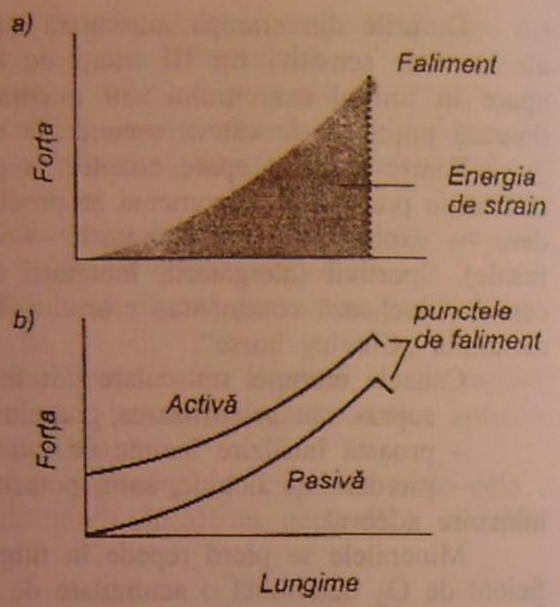


Fig. 14.1. – Energia „de strain" absorbită de unitatea muşchi-tendon în timpul întinderii până în momentul falimentului.

14.1.2.2. *Durerea musculară întârziată*

Durerea musculară întârziată (*„Delayed Onset Muscle Soreness"* – DOMS) a fost descrisă pentru prima dată de Hough în 1902 care afirma că aproape fiecare dintre noi o încearcă în viaţa sa. Este definită ca o senzaţie de disconfort sau durere în muşchi ca urmare a unei activităţi fizice (în special cele care au fost realizate prin contracţii excentrice) cu care subiectul era mai puţin obişnuit.

După cum s-a mai arătat, durerea de la nivelul muşchilor este transmisă prin fibrele mielinizate tip III (fibrele A-delta) şi cele nemielinizate tip IV (fibrele C). Terminaţiile libere ale nervilor sensitivi (receptorii durerii) se concentrează în special în zona musculotendinoasă şi în jurul vaselor arteriocapilare.

Fibrele tip III mielinizate transmit mai ales durerea localizată precis. Cele tip IV transmit durerea difuză.

Durerea musculară întârziată este transmisă în special de fibrele nemielinizate IV. Este un lucru important, căci terminaţiile libere ale acestor fibre nervoase răspund nu numai la stimulii dureroşi, ci şi la alţi stimuli, ca cei chimici, termali şi mecanici.

Această durere ar apărea în muşchi neobişnuiţi cu un anumit efort. Apare la nivelul unor muşchi suprautilizaţi. Intensitatea şi durata unei activităţi, şi în special prima, sunt parametrii definitorii pentru apariţia durerii întârziate. Nu există însă o relaţie între aceasta şi oboseala musculară.

Lezările structurale (vezi mai jos) au fost încă de la început considerate de Hough că ar fi cauza finală a sindromului. Dar un rol important

îl poate juca şi acumularea de metaboliţi acizi ca şi o creştere de temperatură musculară (38-48°) care grăbeşte necroza fibrelor musculare şi rupe ţesutul conjunctiv. Se ştie că o contracţie excentrică ridică mai mult temperatura locală decât cea concentrică. Aceeaşi contracţie excentrică consumă mai puţin O_2 şi produce mai puţin ac. lactic la o aceeaşi putere decât cea concentrică.

Durerea musculară întârziată nu a fost sesizată niciodată la copii.

Această durere are substrat histopatologic adică lezional şi apare între 4 ore şi 4 zile după efort când se înregistrează o creştere a activităţii fagocitare, dovada existenţei unui proces inflamator care stă la baza durerii.

Majoritatea acestor leziuni apar la contracţia excentrică când se pot rupe legăturile actino/miozinice şi când pot exista activări preferenţiale pentru UM mari.

Microscopul electric evidenţiază leziuni subcelulare ale fibrei musculare. Dovada lezională o face şi prezenţa în plasmă a mioglobinei, a metaboliţilor proteici, a unor enzime specifice (ex. creatinkinaza). Cauza intimă ar fi şi de natură metabolică (respiraţie mitocondrială deficitară cu reducerea ATP, acumulare de acid lactic cu scăderea pH, producere de radicali O_2 liberi şi peroxidarea lipidelor), dar şi mecanică (stress muscular intens – forţă/cm^2 – cu ruptură de sarcolemă, reticul sarcoplastic şi miofibrile). Atât fenomenele metabolice cât şi cele mecanice acţionează prin acelaşi mecanism, adică prin perturbarea homeostaziei Ca^{++}, creşterea lui intracelulară care activează sistemele proteolitice şi lipolitice ce vor degrada structurile celulare.

Aceste anormalităţi structurale celulare evidenţiate la microscopul electronic sunt: ruperea sarcolemei, dilatări ale sistemului tubular transvers, distorsiuni miofibrilare, fragmentarea reticulului sarcoplastic, leziuni citoscheletale, umflarea mitocondriilor.

Toate aceste leziuni apar după exerciţiul intens (mai ales excentric), dar continuă şi în zilele următoare prin eliberare crescută enzimatică ce lezează muşchiul (creatinkinaze) şi prin creşterea permeabilităţii celulare.

Cu ajutorul rezonanţei magnetice s-a constatat prezenţa încă a acestor leziuni şi după 10 zile de la efort, ba chiar în unele cazuri şi la 60 zile de la exerciţiu.

Ca un exemplu de exerciţii cu potenţial mare de declanşare a durerii musculare întârziate cu leziunile respective este alergatul pe pantă în jos când contracţia excentrică este foarte puternică (Cannon, 1991; Stauber, 1989).

Un fapt de observaţie interesant (Evans şi Cannon, 1991) a arătat că femeile prezintă mult mai rar aceste dureri întârziate. De altfel, după efort, chiar intens, în sângele femeilor se găseşte un nivel foarte scăzut de creatinkinază. Explicaţia constă în faptul că estrogenii protejează membranele celulare musculare, reducând efluxul de enzime musculare.

Ca şi în cazul durerii acute prin întindere şi la durerea musculară întârziată tot fibrele musculare tip II b sunt cele mai vulnerabile. Cam 80% din leziuni, în acest tip de durere apar în fibrele II b.

Iată o schemă explicativă a lui Fridén şi Lieber (1992) a lezării acestor fibre:

Fibrele II b obosesc uşor şi determină o perturbare a regenerării ATP. Acest fapt dezvoltă o stare de rigiditate *(stiffness)* accentuată a fibrelor musculare. Pe astfel de fibre producerea unei întinderi puternice (ca în contracţia excentrică) va determina cu uşurinţă lezarea mecanică a miofibrilelor şi a structurii citoscheletale.

Exerciţiul fizic poate leza nu numai fibra musculară, ci şi ţesutul conjunctiv şi, ca dovadă, se observă creşterea nivelului de hidroxiprolină în urină (mai ales în exerciţiul excentric).

Studiile lui Armstrong (1990) au arătat etapele prin care trece injuria musculară post-exerciţii fizice.

Stadiul 1 (iniţial): desfăşurarea exerciţiului care va produce injuria;

Stadiul 2 (autogenetic): produce activarea sistemelor proteolitice şi lipolitice care încep degradarea sistemelor celulare;

Stadiul 3 (fagocitozic): începe după 4 ore-4 zile, instalându-se inflamaţia;

Stadiul 4 (regenerativ): începe după 4 zile, putând dura mai multe zile. Refacerea va fi totală.

14.1.3. *Reacţia de oboseală*

Exerciţiul fizic, contracţia musculară, de la un anumit nivel determină oboseala care va afecta performanţa locală (a grupului muscular în activitate) sau generală.

Oboseala apare în strânsă conexiune cu solicitările la care a fost supus sistemul motor. Deci este „dependentă de solicitări sau sarcini" (ceea ce s-a numit *„task dependency"*).

Pentru performarea unei sarcini, unui program, de activitate fizică sunt necesare o serie de elemente: cantitate de forţă, selectarea muşchilor în cauză, durata activităţii, intensitatea efortului, viteza de execuţie, motivaţia, comanda etc. etc.

Aşa cum s-a mai arătat pentru execuţia unei acţiuni se declanşează un lanţ întreg de procese: comanda şi conducerea motorie prin SNC → activarea poolurilor motoneuronale → propagarea neuromusculară → cuplingul excitaţie-contracţie → substrat energetic disponibil → acţiunea aparatului contractil → condiţia circulaţiei sanguine locale.

Oboseala ce apare la acţiunea musculară dovedeşte că undeva pe acest lanţ există iniţial o defecţiune sau apare pe parcursul exerciţiului o defecţiune.

Nu este suficient să înregistrăm realitatea oboselii, idealul ar fi să încercăm să înţelegem şi prin ce mecanism s-a produs pentru că evident am putea acţiona ţintit fie să o prevenim, fie să o diminuăm.

Astăzi problema oboselii este analizată pe de o parte prin prisma defecţiunii undeva în lanţul acesta eferent motor, ceea ce s-a denumit „dependenţa de sarcină-solicitare" *(task dependency)*, iar pe de altă parte, se pune şi problema unor influenţe senzitive, aferente asupra instalării oboselii.

14.1.3.1. *Dependenţa de sarcină (motorie)*

În acest context, se discută 6 nivele posibile de a genera oboseala.

14.1.3.1.1. *Conducerea centrală*

Studiindu-se comparativ efectul obositor al contracţiilor voluntare maximale cu stimulările electrice care să determine acelaşi gen de contracţii se constată o scădere paralelă de forţă ceea ce dovedeşte că tot timpul conducerea centrală a fost maximală şi obosind a determinat scăderea treptată de forţă (fig. 14.2.). O altă dovadă este prin studiul secusei electrice suprapuse. Se realizează o contracţie maximă voluntară şi în această stare aplicăm o stimulare electrică. Dacă forţa creşte este o dovadă că forţa realizată de contracţia voluntară nu a fost maximă căci conducerea centrală era obosită (fig. 14.3.). Dacă forţa nu creşte, altele sunt cauzele oboselii (vezi mai departe).

Aşadar, pe parcursul instalării oboselii se poate constata că nu întotdeauna conducerea neurală pornită din SNC a fost maximă, ceea ce înseamnă că

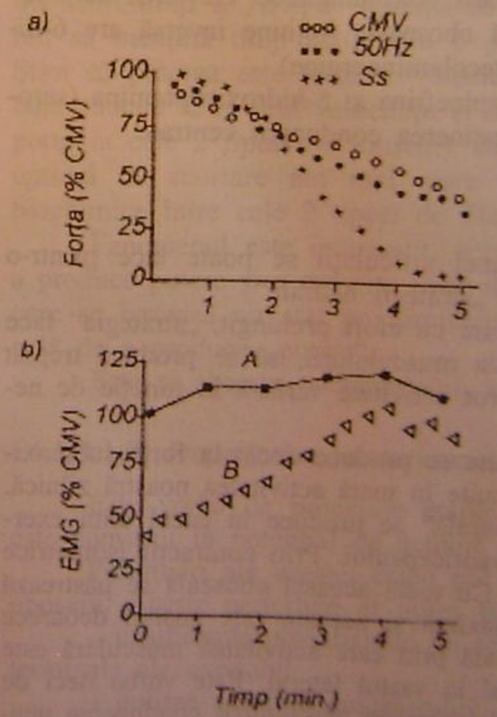


Fig. 14.2. – a) Oboseala cvadricepsului prin CMV (contracţie maximă voluntară) şi electrică (50 Hz) susţinută. Ss = testarea oboselii prin secusa electrică suplimentară; *b)* Curbele EMG în timpul CMV (A) şi contracţiilor intermitente submaximale (B) (după Bigland-Ritchie).

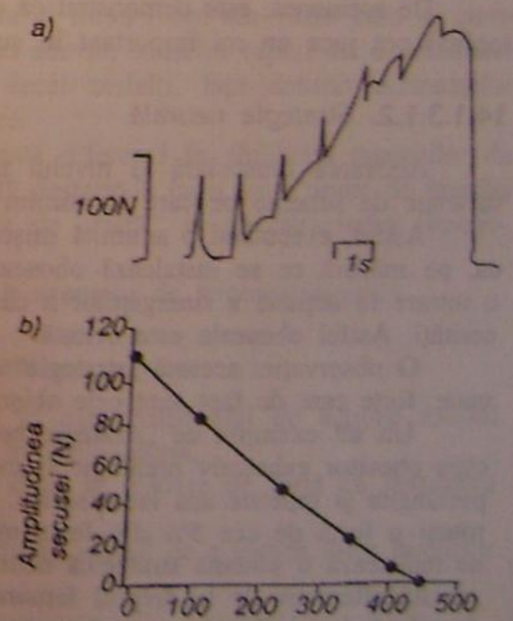


Fig. 14.3. – Metoda secusei suplimentare dovedind oboseala:
a) scăderea de amplitudine a secusei; b) scăderea forţei musculare dată de secusă (după Bigland-Ritchie).

oboseala (scăderea forţei) poate avea uneori la bază scăderea conducerii centrale.

Se cunosc trei situaţii în care omul poate avea inabilitatea de a genera o conducere centrală adecvată:

a) Lipsa de motivaţie suficientă pentru a realiza forţe musculare maxime face să se realizeze scăderea acestora.

b) S-a constatat că există unii muşchi la unele persoane care nu pot fi activaţi maximal (comparativ cu alţii).

Spre exemplu flexorii plantari la 4 femei din 11 şi la 10 bărbaţi din 17 nu pot fi maximalizaţi ca forţă, în timp ce flexorii dorsali da.

c) Oboseala se instalează mai ales în contracţia concentrică, forţa scăzând treptat, în timp ce în contracţia excentrică poate chiar creşte treptat.

Acest fapt este o dovadă evidentă asupra diferenţei fundamentale în maniera de activare musculară.

Rolul conducerii centrale în instalarea oboselii are la bază factorii humorali din LCR. Studiile în această direcţie au început cu cca 10 ani în urmă de către Garnett şi Coates (1988) şi alţii. S-a injectat în LCR substanţe farmacologice, stimulente centrale (amfetamine), constatându-se creşterea semnificativă a duratei efortului până să apară oboseala. Acţiune inversă are 6-hidroxidopamina (care distruge fibrele catecolaminoergice).

De asemenea, este demonstrat că epinefrina şi 5-hidroxitriptamina (serotonina) pot juca un rol important în susţinerea conducerii centrale.

14.1.3.1.2. *Strategia neurală*

Activarea musculară la nivelul unei articulaţii se poate face printr-o varietate de scheme pe care le numim „strategii neurale".

Astfel, executând o anumită mişcare cu efort prelungit, „strategia" face ca, pe măsură ce se instalează oboseala musculaturii, să se producă treptat o intrare în acţiune a sinergiştilor a căror activitate variază în funcţie de necesităţi. Astfel oboseala este evitată.

O observaţie: această „strategie" nu se produce decât la forţe submaximale, forţe care de fapt sunt cele obişnuite în toată activitatea noastră zilnică.

Un alt exemplu de „strategie neurală" se produce în cazul unui exerciţiu obositor exhaustiv prelungit al cvadricepsului. Prin contracţii isometrice prelungite şi repetate sau isochinetice. Cu toată această oboseală se păstrează totuşi o forţă de cca 5% din forţa maximă şi aceasta este posibil deoarece se realizează o schemă strategică neurală prin care activitatea musculară este trecută alternativ de la dreptul femural la vastul lateral. Este vorba deci de faptul că deşi influxul nervos (comanda) rămâne neschimbat conducerea neurală la nivelul poolului se face când pe un muşchi, când pe altul permiţând deci scurte odihne şi astfel conservarea unei forţe minime a cvadricepsului (Sjøgard şi colab., 1988). Strategia neurală se manifestă şi în raport cu recrutarea UM (Enoka şi Robinson, 1989). Astfel, la începutul unui exerciţiu isometric submaximal sunt recrutate unele UM. Dacă obosim muşchiul prin

aceste contracţii isometrice repetate, în final nu vor mai fi recrutate aceleaşi UM deşi tipul exerciţiului nu a fost cu nimic schimbat.

Există deci în strategia neurală de recrutare a UM o anumită variabilitate bazată pe „memoria" activităţii anterioare a muşchiului.

Ceva mai sus s-au făcut unele referiri la deosebirile între contracţia concentrică şi excentrică existând strategii diferite de recrutare a UM, ceea ce face să se instaleze oboseala mai repede pe primul tip de contracţie. Suntem probabil încă departe de a înţelege exact cum şi de ce apar aceste deosebiri de strategie neurală generatoare de oboseală.

Într-un alt capitol se prezentau caracteristicile tipurilor de fibre musculare, instalarea oboselii fiind unul din parametrii de diferenţiere.

Fibrele rapide obosesc uşor, cele lente pot susţine o contracţie isometrică mult mai prelungită. De fapt, corect ar trebui să spunem „UM ale muşchilor lenţi pot susţine o contracţie prelungită". Afirmaţiile acestea se referă la forţă.

În funcţia musculară relativ la această chestiune apare un paradox. Brooks şi Faulkner, 1991, au arătat că deşi muşchii rapizi pot susţine pentru scurt timp o *forţă* (comparativ cu cei lenţi), totuşi aceştia sunt capabili să menţină timp de 5 min o *putere* mai mare decât muşchii lenţi. Ştim că puterea este forţa × velocitate, deci explicaţia acestui fenomen trebuie căutată la nivelul velocităţii şi nu al forţei (care am văzut cum se comportă la cele 2 tipuri de muşchi). Într-adevăr, muşchii rapizi au o velocitate optimă de scurtare net mai mare decât ceilalţi, fapt datorat diferenţelor biochimice între cele 2 tipuri de fibre.

Fenomenul este interesant, această diferenţă în abilitatea muşchilor de a produce putere şi a exercita forţă stă desigur la baza unor tipuri de mişcări care se bazează nu atât pe furnizarea de „forţă", ci pe capacitatea funcţională de a produce „putere".

Este şi aceasta, incontestabil, alt exemplu de strategie neurală.

14.1.3.1.3. *Propagarea neuromusculară*

Este vorba de procesele etapei în care potenţialul de acţiune axonal este convertit în potenţial de acţiune în sarcoplasmă.

Perturbări ale acestei etape pot duce la scădere de forţă cu instalarea oboselii. Aceste perturbări ar putea fi:

– insuficienţa potenţialului de acţiune axonal de a invada toate ramurile terminale ale axonului;
– golirea neurotransmiţătorului;
– reducerea exocitozei;
– scăderea sensibilităţii membranei postsinaptice.

Instalarea oboselii datorită defectului de propagare neuromusculară a comenzii motorii se poate evidenţia prin înregistrarea undei M pe EMG, înainte, în timpul şi după contracţiile obositoare.

Unda M se obţine prin aplicarea unui stimul electric pe nerv pentru a genera potenţiale de acţiune în axonii motoneuronului alfa şi măsurând pe EMG mărimea răspunsului muşchiului (unda M).

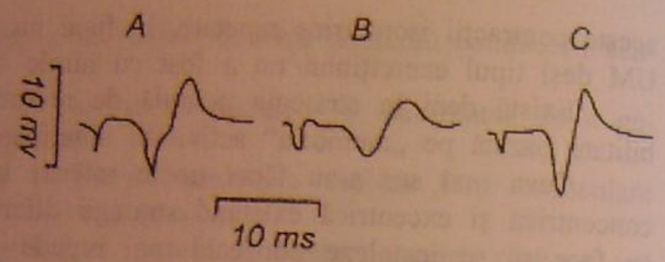


Fig. 14.4. – Unda M.

A = înaintea oboselii; *B* = după instalarea oboselii; *C* = după refacerea oboselii (10 min).

Scăderea amplitudinii undei M după contracţie dovedeşte prezenţa unor perturbări la nivelul propagării neuromusculare, scăderea de amplitudine (forţă) reprezentând instalarea oboselii (Huey şi Enoka, 1993) (fig. 14.4.).

14.1.3.1.4. *Cuplarea excitaţie-contracţie*

Reamintim (pe baza schemei Fitts şi Metzger, 1988) cele 7 procese ce intră în conversia excitaţiei (potenţialul de acţiune) în contracţie (forţă musculară).

a) Propagarea potenţialului de acţiune de-a lungul sarcolemei;
b) Propagarea potenţialului de acţiune de-a lungul tubului transvers (către cisterne);
c) Schimbarea în conductanţa Ca^{++} în reticulul sarcoplastic;
d) Mişcarea Ca^{++} coborând gradientul concentraţiei în sarcoplasmă;
e) Refacerea Ca^{++} în reticulum sarcoplastic;
f) Legarea Ca^{++} la troponină;
g) Interacţiunea miozină-actină şi performarea travaliului prin punţile transverse.

O activitate fizică susţinută poate afecta unele din aceste procese inducând oboseala. Ca de exemplu: scăderea Ca^{++} eliberat (pct. d) sau a Ca^{++} reintrodus în reticulum sarcoplastic (pct. e) etc.

Cum s-ar putea demonstra că oboseala provine de la procesele excitaţie-contracţie şi nu de la alte cauze?

Se execută contracţii submaximale ale muşchiului cu 30-40% din valoarea maximă (6 sec contracţii, 4 sec repaus timp de 30 min). Forţa muşchiului va scădea paralel cu forţa generată de stimularea electrică, ceea ce dovedeşte că subiecţii exercită voluntar atâta forţă cât este capabil muşchiul să producă. Unda M nu este scăzută, nu avem acidoză sau alte tulburări metabolice.

În plus, răspunsul la secusa musculară scade mai mult decât la contracţia tetanică (contracţia voluntară maximă), fapt considerat ca o altă dovadă că oboseala e dată de nivelul cuplingului excitaţie-contracţie.

Refacerea după oboseală, urmărită prin refacerea forţei tetanice, prin valoarea undei M şi a răspunsului la secusă, este de asemenea demonstrativă pentru rolul proceselor excitaţie-contracţie în instalarea oboselii. Astfel:

- Forţa contracţiei tetanice arată valoarea excitaţiei realizată de muşchi independent de SNC;
- Unda M (amplitudinea ei) arată stabilitatea propagării neuromusculare;
- Forţa de secusă este un indice al cuplării excitaţie-contracţie la un singur impuls excitator.

Pentru un exerciţiu obositor (submaximal, dar prelungit) refacerea forţei tetanice este rapidă (2 min), refacerea undei M este de 4-6 min, iar refacerea forţei de secusă poate dura ore (Miller, 1987; Fuglevand şi colab., 1993). Toate acestea dovedesc originea oboselii la nivelul cuplingului excitaţie-contracţie.

Acest cupling, de obicei, se perturbă în contracţiile prelungite ca şi în stimulările sub 2 min (Enoka, 1992).

14.1.3.1.5. *Substraturi metabolice*

Rolul energiei disponibile în susţinerea unui efort a mai fost arătat şi cu alte ocazii. Se consideră că cei 2 factori principali ai unei contracţii sunt excitaţia muşchiului de către sistemul nervos şi furnizarea de energie metabolică.

Un efort, spre exemplu, la ergociclu cu 70-80% din puterea maximă aerobă determină treptat scădere de forţă (oboseală), scădere paralelă cu pierderea de glicogen din vastul lateral. Dacă perfuzăm cu glucoză subiectul (sau chiar cu administraţie per orală) se reface capacitatea de a susţine efortul în continuare (Costill şi Harghaves, 1992). Acidoza locală, creşterea H^+, ar induce o oarecare scădere de forţă, dar sigur nu este un factor major. Fosforul, ca produs de hidroliză al ATP-ului ar reduce forţa de contracţie maximă isometrică, dar fără să influenţeze şi viteza maximă de scurtare a fibrelor musculare.

Este cert că substratul metabolic interferează valoarea forţei putând instala oboseala, totuşi încă nu se cunosc condiţiile exerciţiului fizic care prin influenţarea substratului metabolic duc la oboseală.

14.1.3.1.6. *Fluxul sanguin*

Este cea mai cunoscută cauză a instalării oboselii musculare. Fluxul sanguin în muşchi este necesar pentru aprovizionarea cu substrat, pentru îndepărtarea metaboliţilor şi pentru disiparea căldurii produse. Şi totuşi se ştie că în contracţia isometrică fluxul sanguin scade până la dispariţie (când forţa atinge 40-50% din cea maximă isometrică). Sub 15% forţă, fluxul este încă normal.

Dacă creştem presiunea sângelui peste tensiunea intramusculară de contracţie asistăm la o creştere a susţinerii contracţiei şi amânarea apariţiei oboselii. Această hiperperfuzie aduce scăderea oboselii independent de aportul crescut de O_2. Invers scăderea fluxului sanguin, influenţează negativ performanţa musculară prin ischemie şi nu prin hipoxemie. Ischemia înseamnă acumula-

rea de metaboliţi şi efectul lor nociv s-a arătat mai sus în ce constă (Stainsby, Barclay şi alţii, 1990).

*
* *

Iată, aşadar, o serie de nivele la care perturbări variate pot determina instalarea oboselii musculare în timpul activităţii fizice, adică a contracţiilor musculare susţinute.

Deşi ar fi foarte indicat să înţelegem în toate situaţiile ce mecanism stă la baza oboselii unor muşchi, în cazuri date, este foarte greu acest lucru. Totuşi în kinetoprofilaxie şi kinetoterapie recuperatorie această problemă nu trebuie ignorată fiind necesar să observăm cu atenţie şi să testăm pacienţii în vederea depistării modului de producere a oboselii.

S-a văzut de asemenea că oboseala înseamnă scădere de forţă şi tot atât de pregnant scădere de anduranţă. Se consideră că rezistenţa musculară este mereu în raport invers cu oboseala. Scăderea uneia înseamnă creşterea celeilalte.

14.1.3.2. *Dependenţa de sensoriu*

Dacă despre procesele motorii generatoare de oboseală s-au făcut multiple studii cu concluziile arătate mai sus, despre participarea proceselor senzitive la instalarea oboselii se ştie foarte puţin.

În continuare, se vor expune câteva procese care ar putea fi înţelese până la un punct ca elemente demonstrative ale influenţei aferentaţiei senzitive asupra performanţei muşchiului şi a raportului cu oboseala.

14.1.3.2.1. *Aferenţa motorie sensitivă*

Este cert că oboseala duce la scăderea activităţii fusului muscular, descărcările lui scăzând în timpul contracţiei isometrice fatigante (Bongiovanni, 1990; Duchateau, 1993). În schimb, aparatul de tendon Golgi nu pare să fie impresionat de starea de oboseală (Gregory, 1990), deşi dacă se întinde întreg muşchiul, răspunsul Golgi va slăbi în cazul oboselii (Hutton, Nelson, 1986 şi Zytnichi, 1990).

Există o serie de incertitudini în aprecierea efectelor oboselii asupra aferenţelor proprioceptive musculare. Lucrurile se complică şi mai mult mai ales că s-a demonstrat că oboseala măreşte răspunsurile motoneuronului la perturbările scurte (stretch-ul scurt), aşa cum creşte şi răspunsul EMG (Kirsh şi Rimer, 1992).

14.1.3.2.2. *„Înţelepciunea" muşchiului*

Despre această „înţelepciune" a mai fost vorba şi într-un alt context. Acest termen a fost dat ca o concluzie la 3 tipuri de experimente:

a) Pentru a nu scădea forţa musculară creată de o stimulare electrică trebuie să reducem treptat ritmul stimulilor. Acest fapt evită instalarea oboselii care s-ar produce sigur în cazul menţinerii aceluiaşi ritm stimulator ca la început (Binder, Macleod, Guerin, 1990).

b) Dovada fiziologică a experimentului de mai sus o aduce Enoka şi colab. (1994), când demonstrează că într-adevăr ritmul de descărcare al motoneuronilor scade în timpul contracţiei fatigante (forţa contracţiei încă menţinându-se).

c) Tot Enoka şi colab. (1990) demonstrează că oboseala se asociază cu o scădere progresivă a rapidităţii de relaxare a forţei, ceea ce face ca durata secusei să crească, iar gradul de fusiune a contracţiilor tetanice să tindă spre platou (deci, de asemenea, să crească) (fig. 14.5.).

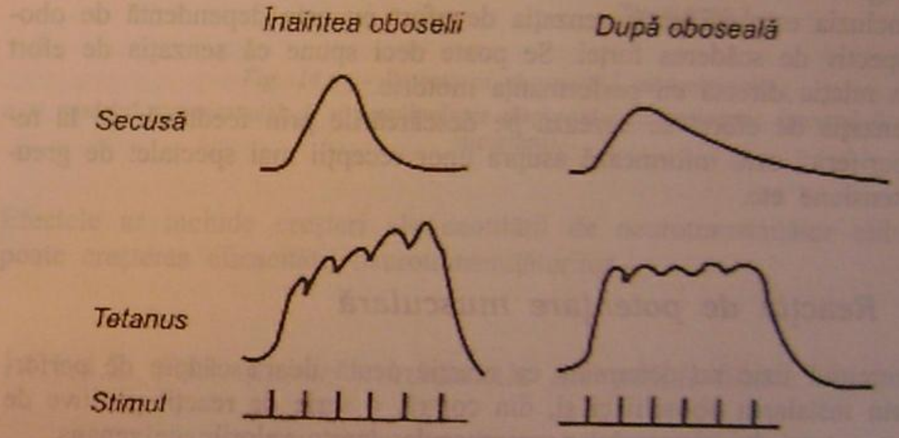


Fig. 14.5. – Modificări ale timpului de relaxare (secusa) şi a fusiunii tetanusului.

„Inteligenţa" muşchiului constă aşadar în abilitatea acestuia de a trimite impulsuri (aferenţe) pentru reducerea descărcărilor motoneuronilor.

Cum se produce exact acest mecanism care asigură scăderea ritmului de descărcare neuronală în timpul oboselii este încă o problemă de discutat. Ar fi implicate 3 mecanisme:

a) Feedbackul aferent (sensitiv) de la surse periferice poate inhiba descărcările neuronale (Garland, 1991);

b) Ar fi o „adaptare" a excitabilităţii neuronilor în aşa fel încât inputurile sinaptice neuronale determină puţine potenţiale de acţiune neuronale care se vor transmite pe axon spre muşchi.

„Adaptarea" ar fi o proprietate intrinsecă a membranei motoneuronale (Kernell şi Monster, 1982);

c) Ar exista şi posibilitatea ca în timpul contracţiei obositoare scăderea descărcărilor neuronale să se datoreze reducerii conducerii centrale (comenzilor) şi muşchiul să ne apară „inteligent" când de fapt este doar un cuminte executant (Maton, 1991).

14.1.3.2.3. *Simţul efortului*

Executarea unei activităţi fizice susţinute proiectează în cortexul somatosenzitiv primar un grupaj de informaţii aferente care – integrate – ne dau senzaţia „efortului". Pentru a continua totuşi respectiva activitate este necesar să fie crescute comenzile centrale. Efortul va continua să crească înainte ca forţa musculară să înceapă să scadă.

Studierea clasică a senzaţiei de efort se face după următoarea schemă.

Cu braţul drept susţinem o greutate. Periodic cu braţul stâng executăm un efort similar până când senzaţia de efort o resimţim egal în ambele braţe. Testarea forţelor ne arată în acest moment scăderea de forţă în braţul drept prin menţinerea prelungită a contracţiei obositoare şi o creştere de forţă în braţul stâng.

Concluzia este evidentă: senzaţia de efort nu este dependentă de oboseală, respectiv de scăderea forţei. Se poate deci spune că senzaţia de efort nu este o relaţie directă cu performanţa motorie.

„Senzaţia de efort" se bazează pe descărcările prin feedback de la receptorii periferici care informează asupra unor recepţii mai speciale: de greutate, de tensiune etc.

14.1.4. *Reacţia de potenţare musculară*

Exerciţiul fizic nu determină ca reacţie acută doar o scădere de performanţă prin instalarea oboselii ci şi, din contră, o serie de reacţii pozitive de creştere a output-ului sistemului neuromuscular, peste valorile de repaus.

Nominalizăm câteva dintre acestea:

14.1.4.1. *Răspunsuri monosinaptice*

Urmărind figura 14.6., care reprezintă modelul clasic experimental al lui Lloyd (1949) se vede că stimulul (excitaţia) străbate aferenţa senzitivă, trece prin măduvă la motoneuron şi de aici în rădăcina anterioară pe calea eferentă unde facem înregistrarea răspunsului monosinaptic.

Dacă comparăm acest răspuns înainte şi după o stimulare tetanică (555 Hz-12 sec), se înregistrează o creştere de 7 ori a răspunsului monosinaptic dat de contracţia tetanică. Acest răspuns apoi scade treptat până dispare după 3 min.

Aceleaşi constatări şi pentru reflexul H (Hoffmann) care am văzut în alt capitol exprimă excitabilitatea sistemului neuromuscular măsurând nivelul de excitaţie al poolului neuronal motor.

Potenţarea răspunsului monosinaptic se face presinaptic, deci înainte de a ajunge stimulul la motoneuron implicând aferenţele Ia (Hutton, 1984).

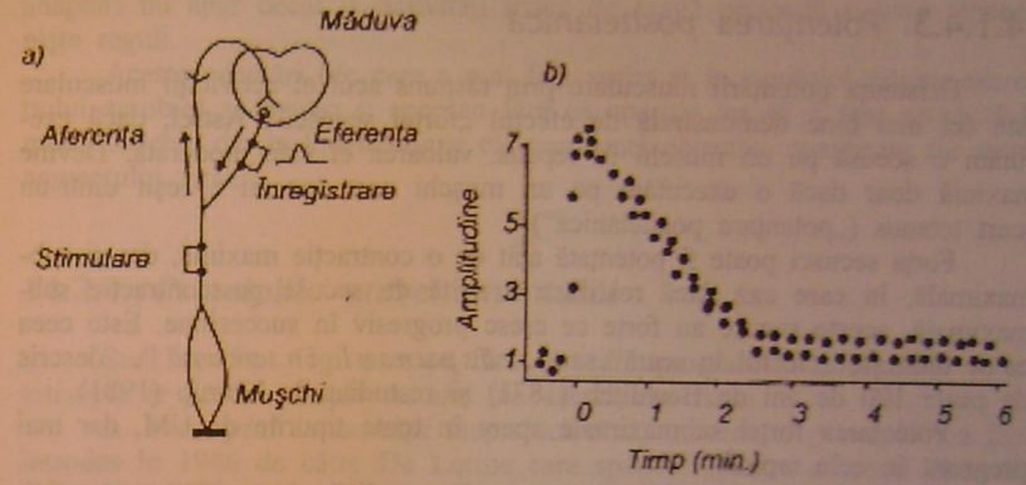


Fig. 14.6. – Potenţarea răspunsului monosinaptic.
a = modelul experimental; *b* = amplitudinea răspunsului monosinaptic (punctul 0 = sfârşitul stimulării).

Efectele ar include creşteri ale cantităţii de neurotransmiţător eliberat sau poate creşterea eficacităţii neurotransmiţătorilor.

14.1.4.2. *Potenţialele miniaturale ale plăcii finale*

Ca şi la neuron şi la joncţiunea neuromusculară iau naştere prepotenţiale care apoi se vor transforma în potenţiale de acţiune care determină efect excitator.

La sinapsa neuromusculară neurotransmiţătorul (acetilcholina) determină aceste potenţiale miniaturale în membrana postsinaptică. În fibrele rapide aceste potenţiale sunt mai ample şi mai frecvente (transformându-se repede în potenţiale de acţiune). Cu vârsta potenţialele miniaturale scad (Alshuaib, Fahim, 1990).

Dacă realizăm o stimulare electrică scurtă, cu frecvenţă înaltă, brusc amplitudinea şi frecvenţa acestor potenţiale cresc (Pawson şi Grinnell, 1990). Creşterea pe frecvenţă durează câteva minute, iar creşterea pe amplitudine câteva ore.

Subliniem că se poate aprecia (şi defini) forţa după cantitatea de neurotransmiţător eliberată pe unitatea de lungime a joncţiunii neuromusculare.

Deşi această definire pare curioasă, există o perfectă justificare a ei căci neurotransmiţătorul → creşte senzitivitatea membranei postsinaptice → răspuns mai mare cu potenţial sinaptic mai amplu → potenţiale de acţiune mai mari şi mai frecvente → contracţie mai puternică.

14.1.4.3. *Potenţarea posttetanică*

Existenţa potenţării musculare prin răspuns acut al activităţii musculare este cel mai bine demonstrată de efectul „forţei secusei". Astfel, dacă executăm o secusă pe un muşchi în repaus, valoarea ei este moderată. Devine maximă doar dacă o executăm pe un muşchi care tocmai a ieşit dintr-un scurt tetanus („potenţare posttetanică").

Forţa secusei poate fi potenţată atât de o contracţie maximă, dar şi submaximală, în care caz dacă realizăm o suită de secuse postcontracţie submaximală, aceste secuse au forţe ce cresc progresiv în succesiune. Este ceea ce se numeşte „efectul în scară" sau *„răspunsul în scară"*, descris de peste 100 de ani de Bowditch (1871) şi restudiat de Krarup (1981).

Potenţarea forţei submaximale apare în toate tipurile de UM, dar mai pregnant în cele rapide.

Din momentul activării neuromusculare, adică a apariţiei contracţiei, cele 2 procese opuse ca efect: oboseala care scade forţa şi potenţarea care o creşte, apar concurenţial aşa cum se poate vedea pe figura 14.7.

Dar nu toţi muşchii prezintă această coexistenţă. Astfel o întâlnim la cvadriceps, dar nu şi la solear.

14.2. *ADAPTĂRI CRONICE*

Nu mai este vorba de reacţii la stressul prin exerciţiul fizic, ci la răspunsuri cumulative în timp care au indus adaptări în sistemul motor. Aceste

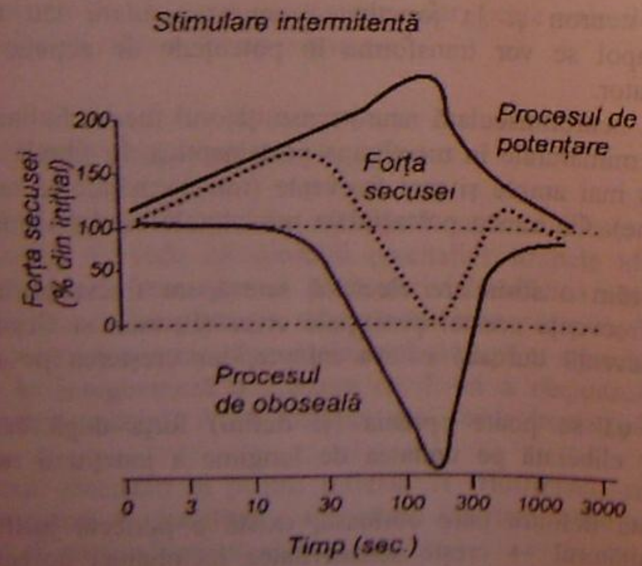


Fig. 14.7. – Coexistenţa potenţării şi efectul asupra forţei secusei (schimbare neliniară în amplitudinea secusei) (după H. Garner şi A. Hicks).

adaptări nu apar decât în activităţi fizice de lungă perioadă şi care respectă nişte reguli.

Aceste adaptări (de care a mai fost vorba şi în capitolul asupra exerciţiului aerobic) se petrec şi spontan fără ca apariţia lor să fi fost urmărită în mod deosebit, dar în kinetoterapie ele reprezintă obiective conştiente ale antrenamentului fizic.

14.2.1. *Principiile antrenamentului*

Sunt de fapt legi precise fără de care programele noastre de kinetoterapie ar deveni simple mimări ale exerciţiului fizic.

A. ***Principiul intensităţii*** (supraîncărcării) („overload principle") a fost introdus în 1946 de către De Lorme care spunea: „pentru a creşte dimensiunile sau abilitatea funcţională, fibrele musculare trebuie împovărate aproape la capacitatea lor prezentă de răspuns". Se ştie că trebuie să depăşim un anumit prag înainte ca să apară vreun răspuns adaptativ. Acest prag de intensitate se exprimă prin % din capacitatea maximă (de obicei isometrică) a muşchiului. Acest prag, de exemplu, pentru contracţia isometrică este de 40%.

Această idee o putem „traduce" şi prin următoarea exprimare care trebuie bine înţeleasă: „nu o forţă absolută determină cantitatea de stimuli necesari (pragul), ci mărimea forţei utilizate comparativ cu cea maximă".

B. ***Principiul specificităţii*** („Specificity principle") emis în 1977 de către Mc Cafferty şi Harvath se defineşte astfel: „adaptările antrenamentului sunt specifice celulelor şi elementelor structurale şi funcţionale care sunt supraîncărcate".

Dacă facem antrenament pentru forţă, vom obţine forţă, nu şi rezistenţă sau coordonare. Ceva mai mult se consideră că antrenamentul contracţiei concentrice nu aduce creşterea forţei şi pentru isometrie sau contracţia excentrică (Behm şi Sale, 1993).

Mulţi cercetători însă nu sunt chiar aşa de categorici considerând că apar adaptări mai largi, nu atât de stricte. De altfel şi practica demonstrează această aserţiune.

Cu toate acestea, în kinetoterapia de recuperare este recomandabil să ţinem seama de acest principiu.

Principiul specificităţii are şi o extindere, un corolar: „efectele antrenamentului depind şi de capacităţile individului anterioare antrenamentului".

Aşa, spre exemplu, s-a urmărit creşterea forţei pe cvadriceps prin genuflexiuni, la atleţi bine antrenaţi şi la un lot de persoane cu preocupări sportive de amatori. După 10 săptămâni se constată că la neatleţi câştigul de forţă a fost aproape dublu comparativ cu cel obţinut la atleţi. Explicaţia: la neatleţi creşterea s-a realizat mai ales pe „adaptările neurale", care erau deja realizate la atleţi.

C. ***Principiul reversibilităţii*** („Reversibility principle") este foarte clar şi tranşant: „adaptările induse prin antrenament sunt reversibile".

Aşadar, aceste adaptări se pierd dacă cererile fizice (activitatea fizică) nu mai justifică nivelul de forţă atins prin antrenament. Sistemul se va adapta din nou la noile solicitări. Acest proces poartă numele de *dezantrenare.* De fapt, acest principiu este corolarul primelor două.

14.2.2. *Adaptarea pentru forţă*

În această monografie s-a vorbit mult despre „forţă" şi iată că vom mai vorbi şi aici.

Reamintim că fenomenul dinamic la nivelul unei articulaţii (mobile) se caracterizează prin relaţia forţă/velocitate, relaţie care poate îmbrăca 4 aspecte diferite:

a) velocitate = 0 (contracţie isometrică = P_o)
b) velocitate > 0 (contracţie concentrică)
c) velocitate < 0 (contracţie excentrică)
d) velocitate maximă (V_{mx}).

Definiţia teoretică a forţei este: „mărimea torqului exercitată de muşchi la o singură contracţie isometrică maximală pe o durată nerestrictivă"*. Cu alte cuvinte, există o „singură forţă" măsurabilă în condiţii isometrice, adică la velocitate zero. Dacă velocitatea este nonzero atunci nu ar trebui să vorbim de „forţă", ci de „putere".

Adevărul este că prin tradiţie continuăm să vorbim de „forţă statică" şi „forţă dinamică", respectiv de forţe isometrică, dinamică, izokinetică.

Când ne referim la forţa de la nivelul unei articulaţii mobile, adică la ceea ce numim „torque" trebuie să înţelegem că acesta este rezultatul interacţiunilor:

- neurale (sumaţie spaţială, sumaţie temporală);
- mecanice (valoarea braţului momentului);
- musculare (lungimea şi suprafaţa de secţiune a muşchiului).

Dacă concepem „forţa" prin această viziune teoretică, adaptările pentru forţă ale unui antrenament vor reprezenta suma adaptărilor pentru fiecare din cei 3 factori de mai sus şi în primul rând primul şi ultimul.

14.2.2.1. *Adaptarea neurală a forţei*

Putem obţine o creştere de forţă a unui muşchi fără ca dimensiunile lui (suprafaţa de secţiune) să se modifice, dar nu şi în afara unei adaptări

---

* Torqul = efectul rotator (de mişcare la nivel articular) al forţei.
Torqul = forţa × braţul momentului.
Braţul momentului = distanţa cea mai mică (perpendiculară) de la linia de acţiune a vectorului forţă la axa de mişcare în articulaţie.

a sistemului nervos care probabil apare la toate nivelele, de la comandă-conducere la motoneuroni (fig. 14.8.).

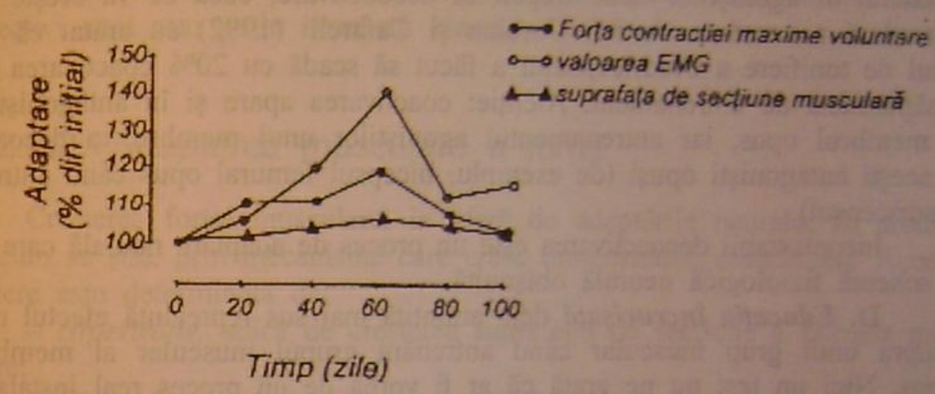


Fig. 14.8. – Evoluţia adaptării forţei (după M. Narici şi G. Roi).

Iată câteva dovezi ale implicării sistemului nervos în adaptarea musculară.

A. ***Contracţiile imaginative*** descrise de Yue şi Cole (1992). Studiu pe 3 loturi de indivizi: un lot execută (4 săptămâni, 5 şedinţe/săptămână) contracţii isometrice în musculatura mâinii; al 2-lea lot după acelaşi program, doar îşi „imaginează" că execută izometria; al 3-lea lot pentru control nu execută nimic. Rezultate: forţa la primul lot creşte cu 30%, la lotul 2 cu 22% şi nu se înregistrează nici o modificare la cel de al 3-lea. Ceva mai mult la primul lot creşte forţa cu 14% şi la musculatura mâinii opuse şi cu 10% la lotul 2.

B. ***Coordonarea*** demonstrată prin antrenarea cvadriceps bilateral prin exerciţii dinamice cu rezistenţă (cca 80% din maxim). Aprecierea forţei muşchiului a fost făcută prin valoarea contracţiei isometrice înainte şi după antrenamentul dinamic cu rezistenţă. Ameliorarea forţei isometrice a fost minoră (cu 20% la bărbaţi şi cu 4% la femei). În schimb, creşterea forţei la exerciţiul dinamic cu rezistenţă a fost de 200% pentru bărbaţi şi cu 240% pentru femei.

Explicaţia acestui experiment se bazează pe faptul că adaptarea neurală, respectiv o mai bună coordonare, s-a făcut numai pentru exerciţiul dinamic, coordonare de care exerciţiul isometric nu a beneficiat deoarece muşchiul nu a fost antrenat ca atare (Rutherford şi Jones, 1986).

C. ***Coactivarea*** proces deosebit de important în fiziologia antrenamentului pentru forţă, descris de Dimitrijevic şi Carolan, 1992. Executând o contracţie isometrică maximă a unui grup muscular (agonişti), înregistrăm pe EMG-ul antagoniştilor o creştere de cca 22% a forţei acestora.

Dintr-un punct de vedere, coactivarea este un proces negativ, căci „fură" din valoarea forţei agonistului, acesta fiind de fapt diferenţa între adevărata forţă maximă a agonistului şi cea a antagonistului activat concomitent.

Se înţelege că dacă am putea bloca coactivarea (deci să „decoactivăm") am putea obţine creşteri foarte rapide de forţă a agoniştilor. Antrenamentul unilateral al agoniştilor duce treptat la decoactivare, ceea ce va creşte forţa musculară a acestora. Astfel, Corolan şi Cafarelli (1992) au arătat că exerciţiul de tonifiere a cvadricepsului a făcut să scadă cu 20% coactivarea după o săptămână de antrenament. Atenţie: coactivarea apare şi în antagoniştii de la membrul opus, iar antrenamentul agoniştilor unui membru va decoactiva şi aceşti antagonişti opuşi (de exemplu, bicepsul femural opus când antrenăm cvadricepsul).

Incontestabil decoactivarea este un proces de adaptare neurală care rupe o schemă fiziologică neurală obişnuită.

D. ***Educaţia încrucişată*** deja amintită mai sus reprezintă efectul motor asupra unui grup muscular când antrenăm grupul muscular al membrului opus. Nici un test nu ne arată că ar fi vorba de un proces real instalat, de creştere de forţă a acelui grup. Nici curba EMG nu va rămâne crescută, nu găsim nici activitate enzimatică şi metabolică musculară crescută.

Apare evident că această creştere de forţă, ce o înregistrăm concomitent cu antrenamentul executat pe musculatura simetrică opusă, reprezintă un proces adaptativ în sistemul nervos. Unda M de pe EMG creşte evident dovada creşterii forţei de execuţie.

E. ***Deficitul bilateral*** este, de asemenea, o realitate a adaptării neurale deşi pare contradictor faţă de cele de mai sus. El exprimă fenomenul ce apare când se execută o activitate fizică concomitentă la muşchii omologi ai ambelor membre, cu înregistrarea unei scăderi de forţă în timpul contracţiei maxime voluntare (Howard, Enoka, 1991). Scăderea nu este mare, cifrându-se la 5-10%.

Antrenamentul concomitent al muşchilor omologi va determina după 3 săptămâni, din contră, o creştere bilaterală de forţă denumită de Howard *„facilitare bilaterală"*. Şi în această facilitare bilaterală se poate vedea cu uşurinţă încă un exemplu al rolului adaptării neurale postantrenament.

F. ***Potenţarea reflexă*** este un fenomen adaptativ selectiv căci nu apare la toţi muşchii şi, în plus, este mai pronunţat la unele persoane (exemplu halterofili, sprinteuri de elită etc.). În general, apare în antrenamentul de forţă intensă.

O stimulare aplicată unui muşchi în timpul contracţiei sale voluntare se traduce cu apariţia a 2 răspunsuri reflexe care au latenţe diferite şi a căror amplitudine pe traseul EMG ar fi un index al activităţii UM din timpul contracţiei voluntare.

G. ***Sincronizarea*** s-a discutat deja pe larg în alt capitol, ea reprezentând intrarea „în fază" a UM cu descărcare simultană.

*
* *

Adaptarea neurală are o mare importanţă în faza iniţială a antrenamentului sau a programului kinetic profilactic sau de recuperare. Ea stă la baza

„succeselor" terapeutice pe care le înregistrăm la pacienţi în primele săptămâni.

Adaptarea neuronală are efecte cu atât mai spectaculare cu cât subiecţii respectivi sunt mai puţin antrenaţi kinetic.

14.2.2.2. *Adaptarea musculară a forţei*

Creşterea forţei musculare, în afară de adaptările neurale, se produce aşa cum se ştie, prin mecanisme care cresc dimensiunile muşchiului. Această creştere este determinată de:

– *Hipertrofie,* adică de creşterea suprafeţei de secţiune a fibrelor musculare;

– *Hiperplazie,* adică creşterea numărului fibrelor musculare.

Doar hipotrofia este procesul obişnuit. În ceea ce priveşte hiperplazia ea a fost negată mult timp dar acceptată azi pentru unele specii de animale, iar la om numai în unele condiţii (Tamaki şi Nagano, 1992; Antonio şi Gonyea, 1993).

Gradul de hipertrofie musculară este în funcţie de câţiva factori:

– forţa iniţială;

– durata antrenamentului;

– tehnica antrenamentului de forţă utilizată (isometrie, isotonie cu rezistenţă, isochinezie);

- tipul de fibră musculară.

Iată exemplificări pentru factorii de mai sus:

• 8 săptămâni antrenament isometric al cvadricepsului hipertrofiază cu 15% muşchiul în timp ce un antrenament isokinetic doar cu 9%;

• Antrenamentul cvadricepsului (19 săptămâni) creşte proporţia de fibre musculare tip II a - cu scăderea celor tip II b;

• Isometria (16 săptămâni) pe solear creşte cu 20% diametrul fibrelor tip I şi cu 27% a celor tip II;

• Pe aceeaşi perioadă în gastrocnemian nu se realizează nici o hipertrofie a fibrelor tip I, ci doar a celor tip II cu 50%;

• Un exerciţiu dinamic rezistiv de tip excentric-concentric realizează o hipertrofie mult mai netă (14% pentru fibrele tip I şi 32% pentru cele tip II) decât doar exerciţiul concentric (27% pentru fibrele tip II şi aproape nimic pe cele tip I).

Din exemplele de mai sus trebuie trasă concluzia că nu toate fibrele musculare, chiar dintr-un grup muscular sinergist, nu primesc acelaşi stimul de antrenament pentru a hipertrofia fibra musculară.

Hipertrofia musculară, adică creşterea suprafeţei de secţiune realizează creşterea forţei musculare. Se consideră că această hipertrofie musculară ar fi responsabilă doar de 50% din creşterea de forţă.

Adaptarea neurală de care s-a vorbit mai înainte are şi ea contribuţia ştiută. Mai există sigur un factor individual şi anume *tensiunea specifică* (TS) a muşchiului. Tensiunea specifică – forţa intrinsecă a muşchiului considerată ca forţă care se poate exercita pe unitatea de suprafaţă de secţiune (N/cm²). Deci forţa muşchiului va fi egală cu suprafaţa de secţiune × tensiunea specifică (F – Scm² × TS).

Jones şi colab. (1989) au arătat că tipul II de fibre are o TS mai mare decât tipul I sau UM tip FF au TS cel mai mare, în timp ce UM tip S cel mai mic (Kanda şi Hashizume, 1992).

În capitolul despre „Sistemul efector motor" au fost descrise aceste tipuri de UM şi fibre musculare.

Dar ce stă la baza mărimii tensiunii specifice musculare? Un răspuns net încă nu se poate da. Se discută:

- densitatea miofilamentelor din fibrele musculare, diferită în funcţie de tipul fibrei;
- modul în care forţa este transmisă de la fibrele musculare spre tendon şi spre ţesutul conjunctiv intramuscular (citoscheletul muşchiului).

Hipertrofia musculară devine realitate în momentul apariţiei schimbărilor în raportul sintezei şi degradării proteinelor cu creşterea proceselor de sinteză.

Hipertrofia musculară este stimulată hormonal, metabolic şi mecanic.

A) ***Stimulii hormonali*** (insulina, hormonul de creştere, testosteronul) sunt dificil de apreciat cum ar putea lucra doar pe muşchiul sub antrenament pentru a-i mări volumul. Că au rol este sigur, dar în ce mod este mai greu de precizat.

B) ***Factorii metabolici*** se pare că ar avea rol mai ales în creşterea rezistenţei şi mai puţin a forţei.

Există unele inadvertenţe. Astfel se ştie că, în contracţia excentrică, costul metabolic este mai mic decât al celei concentrice deşi contracţia excentrică reprezintă un stimul mai puternic pentru hipertrofie musculară.

C) ***Stimulii mecanici*** sunt desigur cei mai importanţi pentru hipertrofia fibrei musculare.

Aceşti stimuli sunt: stretchingul şi contracţia care determină eliberare de mesageri secundari (de ordin 2) modulând astfel viteza sintezei proteice şi (sau) degradarea ei.

In vitro, stretchingul intermitent al unui muşchi menţinut în cultură, creşte sinteza diferitelor prostaglandine modulatoare de sinteza-degradarea proteinelor (Wandenburgh, Sohar, Shansky, 1990).

Există 2 tipuri de mesageri secundari (de ordin 2):

a) Molecule ale matricei extracelulare (proteoglicani colagen, laminin, fibronectin) care în mediul celular transmit stimuli mecanici pe suprafaţa celulelor, astfel influenţând creşterea celulară şi modificări nucleare.

b) Stretchingul influenţează moleculele asociate membranei (Na^+, K^+, ATP-aza, fosfolipide, proteinele G etc.) ca şi mesagerii secundari citoplasmatici (prostaglandine, proteinkinaza C, inositol fosfatul). Stimulii mecanici influenţează atât cantitatea cât şi calitatea ţesutului muscular (a proteinei) sintetizat.

În afară de cei 3 factori stimulativi de mai sus adaptările musculare au la bază şi factorii de dezvoltare ai miogenezei care este diferită în funcţie de tipul muşchiului şi individ.

Această diferenţă explică de ce antrenamentul nu poate da răspunsuri similare de hipertrofie la toţi muşchii şi la toţi indivizii.

14.2.2.3. *Antrenamentul pentru forţă*

În capitolul despre „Sistemul efector motor" s-a discutat despre modalitatea de a dezvolta forţă. Dacă reluăm succint aici această problemă o facem pentru a realiza întreg cadrul prezentului capitol şi pentru a completa sub alte unghiuri de vedere această extrem de importantă problemă a kinetologiei care este antrenamentul forţei.

A) ***Isometria*** definită prin noţiunea de „torque" trebuie înţeleasă ca acea situaţie în care torqul muşchiului este egalat de torqul rezistenţei care are o direcţie contrară celuilalt. Avem deci o contracţie statică, iar sistemul este în echilibru. Părinţii isometriei au fost Hettinger şi Müller prin anii '50.

În izometrie, deşi muşchiul nu se scurtează, fibra musculară îşi reduce lungimea.

Dintr-un anumit punct de vedere, „isometria" nu respectă principiul „specificităţii" antrenamentului, efectele ei manifestându-se şi pentru forţă şi anduranţă.

Antrenarea de forţă prin isometrie este maximă la unghiul (valoarea de torque) la care s-a făcut antrenarea. Deasupra şi dedesubtul acestui unghi, forţa rezultată scade.

În ultimii ani prin introducerea tot mai largă a isokineziei importanţa isometriei s-a mai redus.

B) ***Exerciţiul dinamic cu rezistenţă*** se defineşte prin inegalitatea torqului rezistenţei cu torqul muşchiului, ceea ce face ca muşchiul să-şi modifice lungimea (de aici termenul de contracţie dinamică).

Creşterea forţei prin exerciţiu dinamic cu rezistenţă recunoaşte o multitudine de scheme de antrenament cu denumiri ca: set singular, seturi multiple, super set, set exhaustiv, program rapid, repetiţii forţate etc.

Probabil părintele acestui tip de antrenament a fost De Lorme (1945).

Cele 2 tipuri de contracţii dinamice: concentrică (con.) şi excentrică (exc.) au reprezentat subiect de studii diferenţiate pentru o cantitate impresionantă de lucrări.

Există deosebiri clare (şi mai puţin clare) între efectele acestor 2 tipuri de contracţii. Cert este că într-un antrenament folosind ambele tipuri de contracţii obţinem efecte net superioare (egale cu suma efectelor) comparativ cu

antrenamentele pe o aceeaşi perioadă şi intensitate, doar cu câte un tip de contracţie (Häkkinen, 1985; Calliander, 1990; Dudley, 1991).

Să sintetizăm caracteristicile contracţiilor concentrice şi excentrice. Despre unele dintre ele s-a mai discutat.

a) Ambele activează UM;

b) Exerciţiile excentrice provoacă adaptări mai semnificative căci creează un stress mai mare asupra punţilor transversale şi a sarcomerilor (Morgan, 1990);

c) Deşi forţa musculară este mai mare în exerciţiile excentrice, valoarea EMG este evident mai scăzută decât în exerciţiile concentrice căci indivizii sunt incapabili să activeze maximal musculatura în C. exc. (Nakazawa, Kawakami, 1993);

d) Durerea musculară tardivă este provocată în primul rând de C. exc. (vezi adaptările acute);

e) Se ştie că pe alergarea pe plat cu intensitate submaximală intrăm în steady-state cu un consum O_2 constant. O alergare pe pantă în jos (-10°) la aceeaşi intensitate nu stabilim steady-state, $\dot{V}O_2$ crescând mereu. Cauza este rolul primordial al C. exc. (mai ales a cvadricepsului) din alergarea pe pantă în jos (Dick, Cavanagh, 1987);

f) Antrenamentul prin C. exc. realizează un stimul mai mare pentru hipertrofia musculară căci controlează mai bine sinteza proteinelor decât C. con.;

g) Deşi C. exc. s-a dovedit superioară ca efect asupra forţei, totuşi studiile arată cu nu sunt deosebiri între C. con. şi C. exc. în ceea ce priveşte creşterea capacităţii de travaliu sau forţă în cazul în care antrenamentele se fac fie numai cu C. con. sau numai cu C. exc.

C) ***Isokinezia*** o modalitate mai modernă de producere a forţei prin contracţii cu o velocitate angulară constantă, ceea ce înseamnă că menţine, ca şi isometria, sistemul în echilibru deşi nu prin contracţie statică, ci dinamică.

Deşi isokinezia este dinamică căci lungimea muşchiului se modifică cu mişcarea segmentului, raportul între torqul muscular şi cel al rezistenţei este mereu egal cu 1, iar acceleraţia pe parcursul mişcării este zero (velocitate constantă). Bineînţeles se subînţelege că aceşti parametri sunt reali doar pe parcursul mişcării, căci la începutul şi sfârşitul ei nu sunt posibili deoarece cele 2 torquri nu sunt egale în aceste 2 momente. Dacă ar fi egale şi în aceste momente, mişcarea nici nu ar porni şi, dacă ar porni, nu s-ar putea opri. Aşadar aceste 2 momente cer acceleraţii nonzero.

Contracţia isokinetică datorită condiţiilor de mai sus nu poate fi realizată doar voluntar. Necesită o aparatură specială care să asigure viteza constantă cu menţinerea raportului 1, permanent, între rezistenţă şi forţa musculară. Aceasta este posibil deoarece aparatele permit realizarea unei *„rezistenţe acomodate"* egală ca mărime, dar de sens contrar, cu forţa exercitată de subiect.

După modalitatea tehnică prin care aparatele realizează această „rezistenţă acomodată", acestea se clasifică în:

– aparate cu sisteme de angrenare sau frecare (Cybex, Biodex etc.);
– aparate prin sisteme de cilindri hidraulici (Kincom, Lido, Omnitron etc.);
– aparate cu sisteme pneumatice (Keiser etc.).

Isokinezia ca şi contracţia dinamică obişnuită se poate executa prin C. con. sau C. exc.

În C. con. subiectul împinge împotriva maşinii, iar puterea curge de la individ spre maşină ca un „travaliu pozitiv".

În C. exc. subiectul rezistă la împingerea realizată de maşină, iar puterea curge de la aparat la individ ca un „travaliu negativ".

Isokinezia (ca şi isometria) contravine principiului „specificităţii" al antrenamentului. În plus, este o contracţie „artificială" căci niciodată în mod natural o mişcare nu are velocităţi angulare constante, deci *nu există contracţie isokinetică fiziologică.*

Marele avantaj al isokineziei rezidă în faptul că grupul muscular antrenat este pus în stress pe toată amplitudinea de mişcare a segmentului şi mişcării tributare, ceea ce pentru recuperare este deosebit de important în refacerea forţei musculare.

Celelalte sisteme de antrenament muscular au dezavantajul că, dacă într-un segment oarecare de mişcare apare o durere, pacientul reduce reflex efortul în acea zonă şi chiar şi în cele adiacente. Uneori chiar stopează mişcarea. Aparatul de isokinezie îşi adaptează continuu rezistenţa la capacitatea individului pe parcursul întregii amplitudini de mişcare.

D) ***Antrenamentul „plyometric"*** reprezintă o schemă de antrenare a forţei prin contracţii secvenţiale excentrice-concentrice.

Într-o astfel de secvenţă, raportul între torqul muşchiului şi torqul rezistenţei trece de la valoarea sub 1 la peste 1.

Practic realizăm un astfel de exerciţiu când sărim cu ambele picioare în sus, sau pe o scară din treaptă în treaptă.

Acest gen de antrenament este deosebit de interesant căci secvenţialitatea excentric-concentric creează premisa ca muşchiul „scăpat" de C. exc. să performeze mult mai eficient travaliul perioadei care urmează, adică a C. con. În C. exc. se stochează energie elastică în scheletul conjunctiv al muşchiului care va fi restituită în momentul C. con. (acest aspect a mai fost discutat şi în alt capitol).

Antrenamentul plyometric al săriturilor verticale va aduce repede o creştere (în cm) a performanţei de sărit, dar va aduce o minoră ameliorare a forţei isometrice a extensorilor genunchilor. Creşte însă evident rapiditatea de dezvoltare a forţei la aceşti muşchi.

14.2.3. *Adaptarea pentru putere*

Puterea = cantitatea de muncă pe unitatea de timp.

După cum se ştie, forţa şi puterea sunt două măsurători ale activităţii sistemului motor care se definesc prin relaţia forţă/velocitate.

Pe curba acestui raport, „forţa" se înscrie în punctul în care velocitatea este zero, iar „puterea" se înscrie pe orice alt punct al curbei adică unde velocitatea este nonzero. În această situaţie, se înţelege că „puterea de vârf" (maximă) va fi undeva pe curbă unde combinarea forţei şi velocităţii va produce răspunsul maxim.

Pornind de la realitatea acestei combinaţii se poate concluziona că principalii determinanţi pentru producerea de putere sunt:

- numărul fibrelor musculare activate în paralel şi
- rapiditatea cu care miofilamentele pot converti energia în lucru mecanic.

Reamintim că s-a mai discutat că forţa exercitată de muşchi este proporţională cu numărul de unităţi paralele generatoare de forţă (adică cu diametrul muşchiului).

Prin tatonări experimentale s-a dovedit că puterea este maximă când forţa musculară este la aproximativ 1/3 din valoarea ei maximă, căci la această forţă există o velocitate adecvată.

Evident că antrenamentul de forţă va aduce hipertrofie musculară, adică va creşte forţa şi normal 1/3 acum va fi valoric mai mare decât treimea de forţă dinaintea antrenamentului. Deci am crescut puterea.

Celălalt parametru al puterii, velocitatea, influenţează şi el mărimea puterii.

Viteza (mx) de scurtare a muşchiului ţine predominent de enzima miozin-ATP-ază care controlează viteza interacţiunii între actină-miozină, de ciclul punţilor transversale.

De asemenea, prin tatonări experimentale s-a concluzionat că vom înregistra o putere maximă când velocitatea de scurtare este de cca 1/4 din velocitatea maximă.

Ca şi la forţă şi velocitatea poate fi antrenată prin activitatea fizică care creşte cantitatea de enzimă. În noile condiţii 1/4 velocitate mx. va avea de fapt o valoare mai mare decât sfertul de la începutul antrenamentului.

14.2.3.1. *Producerea puterii şi mişcarea*

Un atlet nu devine campion că are forţă mare, ci pentru că are abilitatea de a susţine o producţie de putere maximă pe toată durata exerciţiului.

Apreciem capacitatea de a produce putere pe baza performării unui obiectiv motor (să sărim, să ridicăm greutăţi etc.). În acest mod evaluăm un „indice al puterii întregului corp".

Dar puterea se poate aprecia nu numai la întregul corp ci şi la un membru sau la o singură articulaţie.

Determinarea puterii este o problemă dificilă căci trebuie realizate măsurători complicate pentru a aprecia relaţia torque-velocitate angulară.

Nu se ştiu prea multe nici despre efectele antrenamentului asupra producerii puterii. Se pare că antrenamentul isometric creşte mai mult producerea de putere decât antrenamentul dinamic cu greutăţi.

Sub raportul variaţiei celor 2 parametri definitori ai puterii este mai indicat pentru creşterea puterii să utilizăm în antrenament valori mari de forţă decât de velocitate mare. Totuşi Moritani (1992) demonstrează că, utilizând o rezistenţă de 30% din maxim, vom produce cea mai crescută putere (şi nu cu rezistenţe 0% sau 100% adică velocităţi sau forţe maxime). În mod sigur, antrenamentul pentru putere implică adaptare neurală, dar tot atât de sigur există şi alte aspecte adaptative încă incerte.

14.2.4. *Adaptarea la activitate redusă*

Până acum s-a vorbit de adaptări ale sistemului motor prin creşteri de activitate, prin antrenament.

Există situaţii multiple în care activitatea fizică se reduce substanţial. Această scădere de activitate are efecte negative nu numai asupra sistemului neuromuscular, ci şi asupra osului, cartilajului, tendonului, ligamentului.

Urmările pierderii activităţii fizice au fost studiate pe 3 modele:

- imobilizarea unui membru;
- suspendarea trenului posterior;
- secţiunea spinală.

Suspendarea activităţii fizice într-un segment (sau mai multe), prin modelele de mai sus, determină iniţial reacţia de reducere a activităţii (adică mecanismele care mediază schimbările în sistemul motor datorită imobilizării), iar în timp adaptări neuromusculare la această reducere.

14.2.4.1. *Imobilizarea membrului*

Prea bine cunoscut efectul aparatului gipsat asupra masei musculare: hipotrofie, scădere de forţă, fenomene secundare „stressului" imobilizării.

A) ***Reacţii la reducerea activităţii*** prin imobilizarea membrului apar imediat prin diminuarea microvoltajului curbei EMG, mai ales în muşchiul prins în imobilizare cu fibra scurtată. Mult mai mică (uneori chiar deloc) este scăderea amplitudinii EMG în cazul imobilizării muşchiului în poziţie alungită.

Aceste realităţi trebuie luate în considerare de ortoped când aplică aparatul gipsat la membre.

Scăderea valorilor EMG se însoţeşte în timp de atrofia muşchiului, pierdere de massă musculară, foarte variată cantitativ, în funcţie de mulţi parametri.

După Gibson (1987) se reduc diametrele doar ale fibrelor musculare tip I, nu şi cele tip II. Atrofia are la bază scăderea sintezei proteinelor şi pierderea de fibre musculare (aşa-numita „absorbţie a sarcomerilor") (Oishi, Ishihara, Katsuta, 1992).

Deşi consecinţe ale aceluiaşi proces, ca scăderea amplitudinii EMG, atrofia musculară şi scăderea de forţă (testată isometric) nu se înscriu într-un

raport direct valoric, adică nu se corelează perfect cantitativ. Spre exemplu, ne putem aştepta ca gradul de atrofie a 2 muşchi să nu păstreze acelaşi raport cu scăderea de forţă înregistrată etc. Atenţionăm însă că atrofia musculară poate fi exprimată fie prin pierdere de greutate musculară (de massă musculară), fie prin scădere de suprafaţă de secţiune.

Exprimarea atrofiei prin pierderea de suprafaţă de secţiune se corelează mult mai bine cu gradul pierderii de forţă (Lieber, 1992).

B*) **Adaptările neuromusculare*** ce se instalează în membrul imobilizat are ca fenomen central conversia fibrelor lente spre cele rapide (fenomenul „slow-to-fast conversion") respectiv scăderea fibrelor SO şi înmulţirea fibrelor tip FOG (vezi capitolul „Sistemul efector motor") (Brimmer, Cooksey, 1989 şi Oishi, 1992). Ca explicaţie se dă faptul că imobilizarea afectează mai ales fibrele cele mai active.

Imobilizarea afectează nu numai forţa ci şi abilitatea, coordonarea. Conducerea centrală de a genera stimuli maximali şi coordonaţi diminuă net.

După 6 săptămâni de imobilizare contracţia maximă voluntară scade cu 55%.

Iată un tablou sinoptic biologic neuromuscular a ceea ce determină imobilizarea pe un model experimental: imobilizarea membrului inferior la şoarece timp de 7 zile:

- scurtarea solearului;
- massa muşchiului scăzută cu 37%;
- depolarizarea membranelor fibrelor musculare cu 5 mv;
- scăderea frecvenţei potenţialelor de sinapsă cu 60%;
- reducerea transportului de $Na^+ - K^+$ prin membrană cu 25% etc.

14.2.4.2. *Suspendarea trenului posterior*

Este un model experimental extrem de utilizat mai ales după începerea călătoriilor cosmice.

Un animal este suspendat printr-un ham pe sub abdomen în aşa fel încât picioarele posterioare să nu mai atingă solul, animalul sprijinindu-se doar pe membrele anterioare.

Studiul modificărilor în imponderabilitate s-a făcut şi pe un astfel de model.

A) ***Reacţii la reducerea activităţii*** trenului posterior sunt mai deosebite, deoarece membrele posterioare se pot mişca dar nu şi în lanţ închis, în sprijin. În plus animalul are o poziţie permanent nefiziologică, cu capul mai jos.

La un astfel de animal se înregistrează modificări structurale şi funcţionale care într-adevăr mimează efectele zborului spaţial. Iată câteva:

- modificarea circulaţiei fluidelor la nivelul capului;
- pierdere de massă osoasă;
- scăderea procesului de creştere (animalele tinere);
- pierderea reflexelor de activitate posturală în muşchii picioarelor;

- atrofii musculare;
- etc.

Aşadar, şi în acest experiment apare atrofia probabil datorită lipsei contrarezistenţei la contracţiile concentrice ale membrelor inferioare (Gordon şi Pattullo, 1993). Muşchii lenţi (solearul) se atrofiază mai mult decât cei rapizi (gastrocnemian şi tibial anterior).

Cu toată instalarea atrofiei, valoarea EMG nu este prea scăzută. Explicaţia pare puţin forţată dar este reală. Iat-o:

Mobilitatea gleznei la cobai (animalul de experiment) când merge este de 0,5-3,14 radiani. Prin suspendare piciorul se fixează cam la 1,5 rad. (poziţie neutră). Se ştie că pentru o aceeaşi forţă EMG-ul este mai mare la poziţia scurtată a muşchiului. De aceea la nivelul de 1,5 rad. (deci muşchi scurtat) EMG-ul pare normal.

Modelul experimental „suspendarea trenului posterior" este adaptat şi la om. La unul din pantofi se pune o talpă de 10 cm şi se va merge în cârje fără sprijin pe membrul inferior cu pantof normal (nu atinge solul). După 6 săptămâni suprafaţa de secţiune musculară scade la vast cu 16%, la solear cu 17%, la gemeni cu 26% (Dudley, Adams, 1992).

B) ***Adaptări neuromusculare,*** înregistrate după câteva săptămâni de suspendare a trenului posterior, dovedesc efectele severe ale lipsei de mişcare.

Atrofia musculară afectează, cum s-a văzut, mai ales fibrele tip I, scade concentraţia proteinelor miofibrilare şi miozina, dar creşte miozina rapidă (formele izo).

Modificări enzimatice oxidative musculare se înregistrează prin creşterea succinat dehidrogenazei şi a citrat sintetazei la începutul perioadei de suspendare ca după mai multe săptămâni ele să scadă.

Ca şi în celelalte situaţii, forţa musculară maximă este mai scăzută decât ar fi normal faţă de reducerea suprafeţei de secţiune. Aceasta se explică prin modificări în „tensiunea specifică" (N/cm^2). În muşchii rapizi tensiunea specifică nu se prea modifică.

14.2.4.3. *Secţiunea spinală*

Reprezintă o deconectare a sistemului nervos de efectorul periferic, a motoneuronului central. De obicei la nivelul T_{12}-L_1. Deci nu este vorba de motoneuronul periferic.

a) ***Reacţii la reducerea activităţii*** în secţionarea spinală sunt paraplegiile flasce care virează în 3-4 săptămâni spre spasticizarea extensorilor. Mişcarea voluntară dispare, dar stimularea electrică determină contracţie. EMG scade cu 75%, iar durata activităţii scade cu 66%.

b) ***Adaptări neuromusculare,*** se repetă cele discutate, adică se produce conversia de la fibrele lente la cele rapide. Atrofia se manifestă mai ales pentru muşchii lenţi. Proporţia de fibre tip I scade ca să crească cele de tip II.

Tricepsul sural se atrofiază cu 40% în 2 săptămâni.

Iată alte câteva adaptări după secţiunea spinală:

– creşte masiv ATP-aza cu 50% în solear şi cu 30% în gastrocnemian;
– forţa de vârf scade dramatic;
– scade timpul de înjumătăţire al relaxării;
– creşte velocitatea de scurtare maximă (proporţional cu creşterea fibrelor tip II);
– dinamica Ca^{++} se perturbă.

14.2.5. *Refacerea motorie după lezarea sistemului nervos*

Sistemul nervos are o capacitate importantă de refacere atât a sistemului nervos periferic, cât şi a celui central.

14.2.5.1. *Refacerea sistemului nervos periferic*

Celulele nervoase nu se divid. Refacerea se va baza pe abilitatea neuronilor de a reinerva zonele denervate.

Figura 14.9. arată schimbările ce apar în cazul lezării axonului (axotomie). Etapele evolutive sunt următoarele:

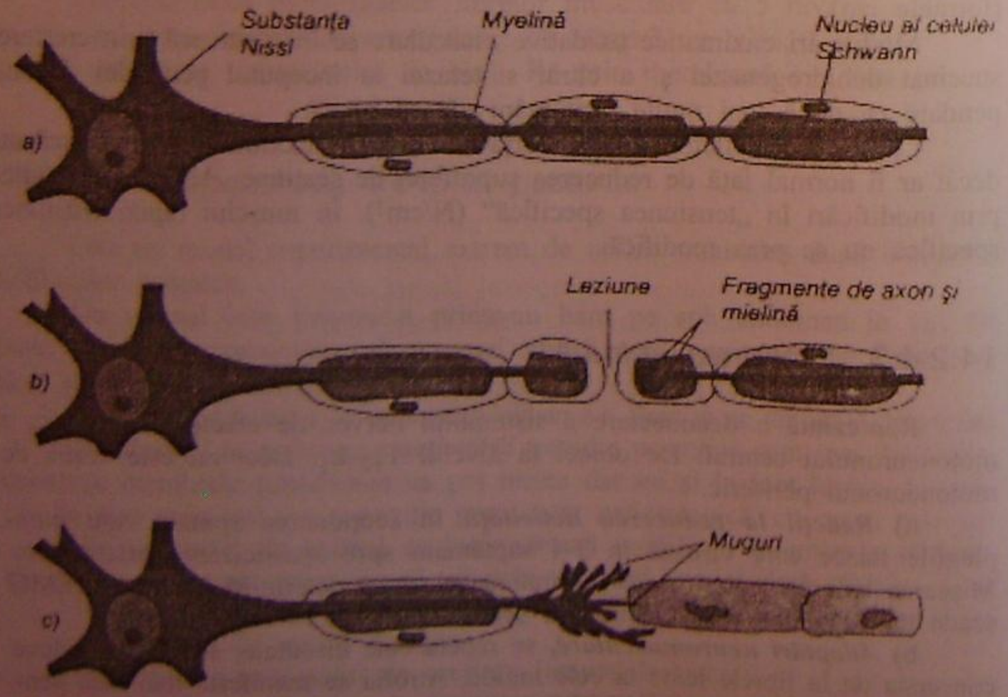


Fig. 14.9. – Schimbări celulare şi axonale după axotomie.

Axotomie → 2-3 zile edemul celular dublează volumul somei → ruperea reticulului sarcoplastic (substanţa Nissl) cu cromatoliză care durează 1-3 săptămâni → resinteză masivă proteică ce determină → regenerare axonală şi apariţia mugurilor → aceştia invadează teaca de mielină distală (eventualitate fericită) sau se răspândesc în jur (eventualitate nefericită).

Lezarea axonului poate fi:

- completă (secţiune, axotomie) = deficit motor şi sensitiv permanent şi sever. Intervenţia operatorie este obligatorie;
- parţială = se menţin unii axoni;
- compresivă = revenirea va fi completă.

Înmugurirea capătului proximal lezat al axonului se produce oricum, dar orientarea mugurilor spre teaca distală goală este aleatorie. Dacă aceasta se produce, muşchiul şi zona sensitivă originală vor fi reinervate. Alteori mugurii se duc spre alte zone.

Un caz concret: reinervarea nervului ulnar cu secţiune completă la nivelul pumnului s-a produs în 39% din UM corect, restul s-a realizat pe alţi muşchi din zonă decât cei inervaţi de cubital.

Rezultatul unei astfel de reinervări constă în faptul că o comandă voluntară de activare a poolului neuronal motor ulnar nu mai conduce la o acţiune selectivă pentru anumiţi muşchi, ci excitaţia se adresează în proporţii variabile şi altor grupe musculare. De aici, deficitul sever de coordonare al mişcărilor mai fine, precise. Aceasta ca efect motor.

Sub raport senzitiv se simte excitaţia, dar este plasată în alte zone decât locul pe piele unde a fost executată.

Reinervarea motorie „împrăştiată" perturbă relaţia între forţă, la care UM sunt recrutate (aşa-zisul „prag de recrutare"), şi amplitudinea secusei (mărimea forţei). Reamintim că recrutarea normală se face pe principiul mărimii UM, şi anume UM mici (ce dau forţă secusală slabă) sunt recrutate la valori scăzute de forţă.

Deci prin reinervare împrăştiată asociată cu o recrutare dezordonată se instalează proasta coordonare, deşi practic s-a recâştigat destulă forţă pentru mişcare. Dacă în leziunea totală de axon reinervarea se face prin mugurii din capul proximal al axonului care încearcă să câştige vechile căi pentru a reinerva muşchii denervaţi, în leziunea parţială de nerv reinervarea se face pornindu-se de la UM, care au supravieţuit şi care dau muguri pentru reinervarea fibrelor musculare denervate.

Acest tip de înmugurire se numeşte *„înmugurire colaterală"* şi se produce la capătul distal al axonului. Intensitatea acestei înmuguriri este direct proporţională cu numărul fibrelor musculare denervate. UM indemnă din nervul lezionat (parţial), care va da înmugurirea colaterală preluând astfel comanda motorie a muşchilor denervaţi, îşi va mări până la de 5 ori dimensiunile (Gordon, Yang, Stein, 1993).

Înmugurirea colaterală poate suplini până la 80% din axonii distruşi. Sau altfel spus: dacă maximum 80% din nervul periferic este distrus se poate

conta în refacerea neuromusculară cu recâştigarea forţei maxime. Această refacere se realizează prin 3 mecanisme:

- Creşterea raportului de inervaţie;
- Creşterea suprafeţei medii de secţiune a fibrelor musculare;
- Creşterea tensiunii specifice.

Primul mecanism pare să fie cel mai important, fiind urmarea directă a procesului de înmugurire colaterală.

14.2.5.2. *Refacerea sistemului nervos central*

Rămâne o problemă controversată în continuare. Susţinătorii unor păreri afirmative se bazează pe fenomenul de „sinaptogeneză", adică pe formarea de noi sinapse care este o realitate şi care aduce creşteri ale activităţii neuronale. Din cercetările lui Keller şi Arissian 1992, prin implantarea electrozilor în talamusul de pisică, prin care, timp de 4 zile, se transmit stimuli conexiunilor cortico-corticale, se constată creşterea densităţii sinapselor în ariile II şi III ale cortexului motor.

Au fost demonstrate înmuguriri experimentale şi la nivelul măduvei.

Se pare că înmugurirea ar fi un proces continuu, normal, fiziologic, al sistemului nervos prin care sinapse care degenerează sunt înlocuite într-un proces doveditor şi al plasticităţii SN lezat.

Critica adusă regenerării SNC este absenţa cicatricei tisulare. În strivirea măduvei apare cicatrice glială şi conjunctivă, grasă, fără regenerare.

14.2.6. *Dezadaptări şi adaptări cu vârsta*

Ca ultim subcapitol al adaptărilor cronice care se petrec în sistemul neuromotor vom descrie pe cele care formează cunoscutul *„sindrom de decondiţionare"* al bătrânului. Deci este vorba de efectele directe ale vârstei şi nu şi ale unor boli care deseori vin cu vârsta.

14.2.6.1. *Dezadaptări la bătrâni*

Scăderea mobilităţii la persoanele în vârstă este un fapt prea bine cunoscut, fenomen dependent de o serie de modificări funcţionale şi în primul rând apărute la nivelul UM. Să analizăm la început câteva aspecte ale dezadaptărilor neuromotorii la bătrâni.

A) ***Forţa*** îşi începe declinul de pe la 60 de ani concomitent cu scăderea massei musculare. Desigur că este un proces individual cu variaţii mari de la un individ la altul, dar tendinţa este evidentă, aşa cum încearcă să arate şi figura 14.10. Această variaţie dovedeşte însă că declinul de forţă ar putea fi controlat.

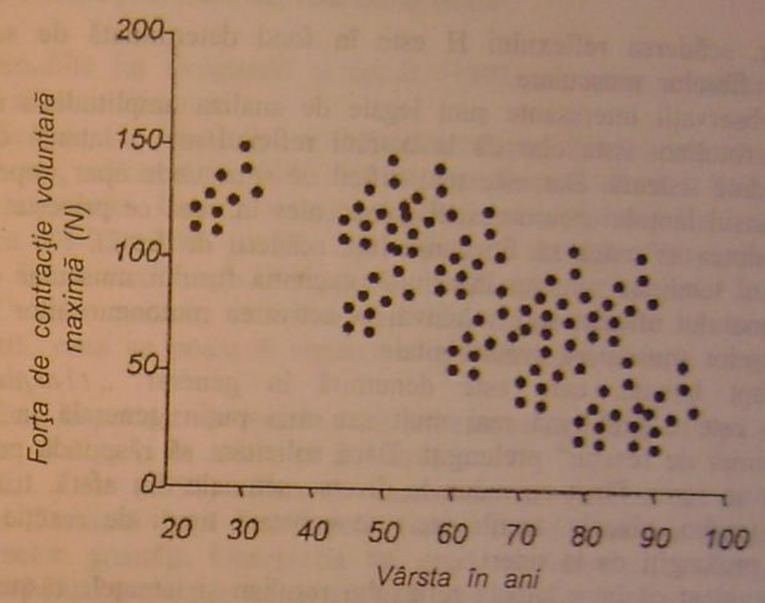


Fig. 14.10. – Forţa mx. voluntară la adductorul policelui la diverse vârste (după V. Narici).

Este absolut dovedit că bătrânii pot câştiga forţă printr-un antrenament adecvat, creştere care se realizează chiar prin hipertrofia musculară a fibrelor musculare tip II (Keen, Jue, Enoka, 1994).

B) ***Oboseala,*** de care s-a vorbit la începutul capitolului, în mod paradoxal, căci forţa scade la vârstnici, nu se instalează mai repede la aceştia. Deci nu putem vorbi ca o caracteristică a vârstei a 3-a de o „fatigabilitate" musculară a bătrânilor (Laforest, St. Pierre, 1990; Hicks, 1992).

Se pare că cele mai „rezistente" la o eventuală fatigabilitate musculară sunt femeile.

C) ***Răspunsurile reflexe şi reacţiile rapide motorii*** sunt considerate ca indicatori importanţi ai decondiţionării neuromotorii.

În mod sigur, excitabilitatea fibrei musculare se reduce treptat, cu vârsta. Astfel se constată că amplitudinea de vârf a reflexului H pe EMG scade cu 46% la femeile de 82 de ani comparativ cu cele de 26 de ani (pe solear) sau altfel spus de la 5,6 mV la 2,4 mV (Vandervoort, Hayes, 1989). Idem, amplitudinea undei M scade de la 9,3 mV la 4,4 mV pe acelaşi lot de studiu.

Reamintim că „reflexul H" aratã activarea reflexă a neuronilor motori în măduvă, în timp ce „unda M" este expresia activării directe a muşchiului reprezentând un indice al excitabilităţii fibrei musculare.

Scăderea amplitudinii reflexului H nu trebuie să ne ducă la concluzia că vârsta determină o diminuare a excitabilităţii poolului neuronal. Ca dovadă este faptul demonstrat de Hicsk (1992) că la bătrâni stimulul reflexului H activează 55% din fibrele musculare care contribuie la crearea undei M, în timp ce la tineri activarea se face pentru 60% din UM ale poolului. Deci diferenţa este foarte mică cu vârsta.

Aşadar, scăderea reflexului H este în fond determinată de scăderea excitabilităţii fibrelor musculare.

Alte observaţii interesante sunt legate de analiza amplitudinii reflexului tendinos rotulian. Este clar că la bătrâni reflexul are o latenţă crescută şi o amplitudine scăzută. Dar este mai dificil de spus unde apar impedimentele pe parcursul lanţului neuromuscular (mai ales în ceea ce priveşte latenţa, căci amplitudinea ar putea să fie consecinţa scăderii de forţă).

Reflexul tendinos rotulian înseamnă: excitaţia fusului muscular → propagarea semnalului aferent spre măduvă → activarea motoneuronilor alfa → excitarea fibrelor musculare cvadricipitale.

De fapt latenţa, care este denumită în general *„timpul de reacţie"* este o problemă mai mult sau mai puţin generală la bătrâni. Adică au „timpi de reacţie" prelungiţi. Dacă solicităm să răspundă prin clipit sau printr-un semn făcut cu mâna la diverse semnale din afară, trimise pe diverse căi (audio, vizuale, tactile etc.) se constată timpi de reacţie semnificativ mai prelungiţi ca la tineri.

Este evident că între latenţa reflexului rotulian şi latenţele răspunsurilor la semnalele de mai sus nu există aparent nici o relaţie, deşi în 1986 Warabi a încercat o explicaţie ubicuitară şi anume că alungirea timpilor de reacţie se datoreşte unei insuficienţe a proceselor sensitivo-senzoriale care scad cu vârsta şi nu a vreunui component motor care, după el, nu s-ar modifica.

D) ***Menţinerea posturii*** este o problemă dificilă pentru vârstnic căci alături de dificultăţile de mers, controlul defectuos al posturii îi aduce acestuia prejudicii în activitatea zilnică şi, în plus, pericolul oricând al căderilor.

A menţine o postură corectă, dreaptă, înseamnă a menţine linia gravitaţiei corpului în interiorul bazei de susţinere. Dar pentru a realiza acest deziderat trebuie ca:

– informaţiile sensitive de detectare a poziţiei şi mişcărilor să fie intacte;

– selecţia unor răspunsuri strategice posturale să fie corecte şi prompte;

– activarea muşchilor posturali să se facă adecvat fiecărei situaţii.

Vârsta aduce treptat perturbări ale acestor mecanisme. După Horak şi colaboratorii, aceste perturbări ale abilităţii posturale sunt cauzate de:

- o selecţie anormală a informaţiilor sensitive;
- o slabă detecţie a dezechilibrului corpului;
- o slabă selecţie a răspunsurilor adecvate pentru ajustarea posturală;
- prezenţa latenţelor prelungite ale răspunsurilor rapide;
- o insuficientă percepţie a limitelor de stabilitate;
- scăderea forţei musculare;
- o scădere a capacităţii de coordonare a musculaturii sinergiste.

E) ***Controlul forţei submaximale,*** proces important în fiziologia mişcării (vezi capitolul despre „Controlul motor"), rămâne greu de apreciat şi înţeles la bătrâni. Se poate vorbi că scăderea forţei, a percepţiei sensitive, a flexibilităţii la vârstnici pot determina scăderi ale controlului forţei submaximale? Există puţine studii demonstrative în această direcţie.

Studiile lui Golganski şi colab. (1993) au adus o oarecare înţelegere asupra acestei chestiuni.

Se ştie că, menţinând o forţă musculară submaximală constantă pentru cca 20 sec, se constată (EMG) că de fapt forţa fluctuează în funcţie de valoarea rezistenţei. Cu cât aceasta este mai mare, cu atât forţa fluctuează mai mult, cu 5%-20%-35% până la 50% din forţa maximă. Vârsta este de asemenea un factor care creşte fluctuaţia de forţă aşa cum se vede în figura 14.11.

Cu alte cuvinte, vârstnicii sunt mai puţin capabili să menţină o forţă constantă, ceea ce poate fi considerat cu echivalentul unui control muscular mai slab.

Este important de remarcat că antrenarea menţinerii forţei submaximale se poate realiza şi la tineri şi la bătrâni.

K.J. Cole (1991) aduce de asemenea lămuriri pe un alt model experimental. Studiază forţa pensei police/index la ridicarea, pe distanţă de 5 cm, a diverselor greutăţi. Observaţia lui arată că vârstnicii utilizează forţe de 2 ori mai mari pentru a ridica aceleaşi greutăţi decât tinerii, de teamă să nu le scape, şi practic de 2,5 ori mai mari decât ar fi fost necesar pentru susţinerea greutăţilor respective.

Cauza ar fi reducerea sensibilităţii aferenţelor şi o alterare a pielii glabre care la bătrâni facilitează alunecarea obiectelor.

Dar, în ultimă instanţă, acestea se reflectă în perturbarea controlului muşchilor.

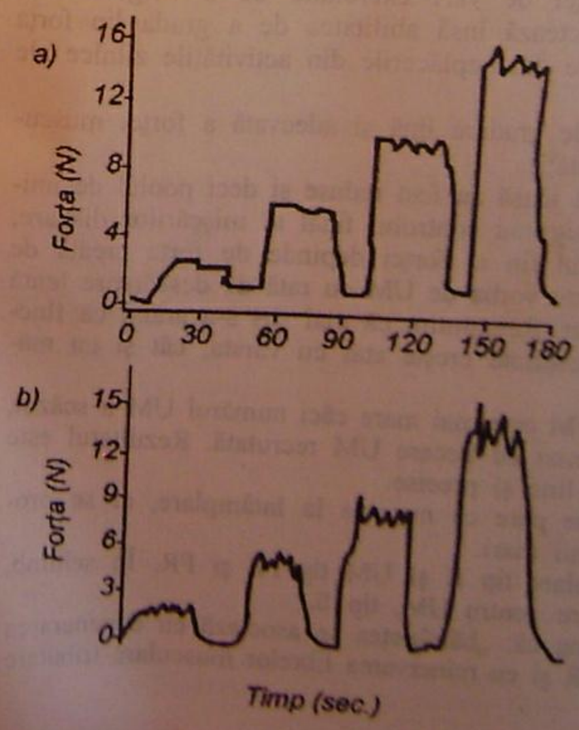


Fig. 14.11. – Fluctuaţia forţei în timpul contracţiei isometrice submaximale la tânăr (a) şi vârstnic (b) (după M.E. Golganski).

14.2.6.2. Adaptări la bătrâni

Controlul mişcării este un proces extrem de complicat, implicând integrări a numeroase procese sensitive şi motorii care sunt interferate însă de vârstă.

Iată câteva din aceste perturbări:

– moartea motoneuronilor care face ca cei rămaşi să reinerveze adiţional fibrele musculare tributare motoneuronilor dispăruţi;
– pierderea de dendrite;
– scăderea vitezei transportului axonal;
– alterarea proprietăţilor biofizice ale motoneuronilor;
– reducerea frecvenţei potenţialelor de sinapsă;
– reducerea sensibilităţii tactile;
– etc.

Cel mai important proces rămâne moartea motoneuronilor care are 2 consecinţe:

a) Scăderea masei musculare cu vârsta (în primul rând consecinţa morţii motoneuronilor), atrofia progresivă, dezintegrarea fibrelor musculare denervate.

Adaptarea la acest proces distructiv este înmugurirea colaterală a axonilor de la motoneuronii supravieţuitori care vor prelua reinervarea fibrelor musculare denervate.

b) UM ca rezultat al morţii neuronale scad numeric, dar cele care rămân cresc ca mărime (raportul de inervaţie). Creşterea raportului de inervaţie va determina creşterea forţei de vârf exercitată de o singură UM (Galganski, 1993). Acest fapt afectează însă abilitatea de a grada lin forţa musculară ceea ce determină multe din neplăcerile din activităţile zilnice ale bătrânilor.

Această lipsă de abilitate, de gradare lină şi adecvată a forţei musculare este determinată în 2 modalităţi:

- Foarte multe UM de forţă joasă au fost reduse şi deci poolul de unităţi de forţă joasă (slabă) care asigurau controlul final al mişcărilor dispare;
- Pe de altă parte, aspectul lin al forţei depinde de forţa creată de cea mai recentă UM recrutată. Este vorba de UM cu rată de descărcare lentă producătoare de tetanos nefusionat. Reamintim că mai sus s-a arătat că fluctuaţia de forţă la o contracţie susţinută creşte atât cu vârsta, cât şi cu mărimea forţei.

Dar la bătrâni forţa unei UM este mai mare căci numărul UM a scăzut, ceea ce duce la fluctuaţii mai mari cu fiecare UM recrutată. Rezultatul este pierderea abilităţii, a mişcărilor line şi precise.

Moartea motoneuronilor se pare că nu este la întâmplare, ci se produce preferenţial cu motoneuronii mari.

Astfel scad fibrele musculare tip II şi UM tip FF şi FR. În schimb, cresc cu vârsta fibrele musculare pentru UM, tip S.

În concluzie, putem afirma că: „bătrâneţea se asociază cu degenerarea preferenţială a UM tip FF şi FR şi cu reinervarea fibrelor musculare tributare UM tip S".

Se poate interveni pentru a bloca la bătrâni pierderile de massă musculară şi a morţii motoneuronilor? Se pare că răspunsul este pozitiv.

Exerciţiul fizic cu menţinerea unui nivel de activitate fizică adecvat reprezintă mijlocul aproape sigur al blocării sau întârzierii decondiţionării neuromusculare.

Antrenamentul de forţă la vârstnic duce la creşterea volumului muscular, a suprafeţei de secţiune a fibrelor musculare tip I şi II.

Este dovedită capacitatea vârstnicilor de a conserva procesele de hipertrofiere musculară, de creştere a turnoverului proteic a miofibrilelor ca şi a activării celulelor satelit pentru repararea fibrelor musculare degradate.

Bibliografie (selectivă)

Adams G., Haddad F.: The relationships among IGF-1, DNA content, and protein accumulation during skeletal muscle hypertrophy, *J. Appl. Physiol.*, 1996/81/6/2.509-2.516.

Albers J.W.: Electrophysiologic features of chronic demyelinating neuropathies. In *American of Electrodiagnostic medicine annual course B: demyelinating neuropathies and the electrophysiology of conduction block.* Rochester, M.N.: American Association of Electrodiagnostic Medicine, 1991; 32-47.

Almasbakk B., Hoff J.: Coordination, the determinant of velocity specificity, *J. Appl. Physiol.*, 1996/81/2.046-2.052.

Amell T.: Isokinetics: Report of Faculty of Medicine, Chicago, Nov. 29, 1995.

Aminoff M.J.: Electrodiagnosis in Clinical Neurology, New York, Churchill Livingstone, 1980.

Aoyagy Y., McLellan T.: Interactions of physical training and heat acclimation. The thermophysiology of exercising in hot climate, Sports Med., 1997/23/173-210.

Appleton B.: Stretching and flexibility. Biomechanics and fitness, Human Kinetics Pub., USA, 1996.

Balbach L.: Aerobic system. Human Kinetics Pub., USA, 1997.

Balbach L.: Anaerobic system. Human Kinetics Pub., USA, 1997.

Baldissera F., Cavallari P. şi colab.: Differential control of in-phase and anti-phase coupling of rhytmic movements of ipsilateral hand and foot, Exp. Brain Res., 1991/83/375-380.

Ball R.D.: Plexopathies. Electrodiagnosis. *StatArRvePhyRehabil,* 1989; 3:725-740.

Balogun J., Onilari O. şi colab.: High voltage electrical stimulation in augmentation of muscle strength: effect of pulse frequency, *Arch. Phys. Med. Rehab.*, 1993/74/910-916.

Bandy W., Irion J. şi colab.: The effect of time and frequency of stretching on flexibility of the hamstrings muscles, *Physical Therapy*, 1997/77/1.090-1.096.

Barlow C., Kohl H.: The role of exercise in prevention and treatment of cancer, *Oncology*, 1997/11/1.104.

Barstow T., Jones A. şi colab.: Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise, *J. Appl. Physiol.*, 1996/81/1.642-1.650.

Basmajian J.: Therapeutic exercise, Williams & Wilkins, Baltimore, 1984.

Basmajian J.V.: Muscles alive, Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1979/4.

Behm D., St-Pierre D.: Effects of fatigue duration and muscle type on voluntary and evoked contractile properties, *J. Appl. Physiol.*, 1997/82/1.654-1.661.

Behm D., Sale D.: Velocity specificity of resistance training, *Sports Med.*, 1993/15/374-388.

Bentley S.: Exercise-induced muscle cramp. Proposed mechanisms and management, *Sports Med.*, 1996/21/409-420.

Bershitsky S., Tsaturyan A. şi colab.: Muscle force is generated by myosin heads stereospecifically attached to actin, *Nature*, 1997/388/186-190.

Bloomfield S.: Changes in musculoskeletal structure and function with prolonged bed rest, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1997/29/197-206.

Bogey R., Massagly T.: Gait Analysis, *Med. Journal,* 2001, 2/11.

Boutellier U., Piwko P.: The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects, *Eur. J. Appl. Physiol.,* 1992/64/145-152.

Braun K.: Exercise equipment for strengthening. Rehab & Exercise equipment, 1997/4/2.

Braun L.: Exercise physiology and cardiovascular fitness, *Nurs. Clin. North Am.,* 1991/26/135-147.

Brown W.F.: The physiological and technical basis of electromyography, Boston: Butterworth, 1984; 37-49.

Buchner D., Cress M. şi colab.: The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults, *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med.,* 1997/52/218-224.

Buchner D., Cress M. şi colab.: A comparison of the effects on three types of endurance training on balance and other fall risk factors in older adults, *Aging,* 1997/9/112-119.

Buchtahal F.: Electromyography in the evaluation of muscle diseases. *Neurol. Clin.,* 3:573-598, 1985.

Buchthal F.: Electromyography in the diagnosis of muscle disease. *Neurol. Clin.,* 1985; 3:573-598.

Chandler T.: Physiology of aerobic fitness/endurance, *Instr. Course Lec.,* 1994/43/11-15.

Chang C.W., Lien I.N.: Comparison of sensory nerve conduction in the palmar cutaneous branch and first digital branch of the median nerve: a new diagnostic method for carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve,* 1991; 14:1173-1176.

Charlton G., Crawford M.: Physiologic consequences of training, *Cardiol. Clin.,* 1997/15/345-354.

Chino N., Melvin J.: Functional evaluation of stroke patients, Springer-Verlag, Tokio, 1996.

Chiotan N., Matusz P.: Cicatrizări speciale, Ed. Mirton-Timişoara, 1993.

Chiotan N., Matusz P.: Biologia cicatrizării, Ed. Mirton-Timişoara, 1993.

Cider A., Tygesson H. şi colab.: Peripheral muscle training in patients with clinical signs of heart failure, *Scand. J. Rehabil. Med.,* 1997/29/121-127.

Clairmont A.C., Johnson E.W.: Evaluation of the patient with possible radiculopathy. In: Johnson E.W., Pleas W.S., eds. Practical electromyography, 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996; 115-130.

Collins M., Snow T.: Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *J. Sports Sci.,* 1993/11/485-491.

Colson J., Collison E.: Progressive exercise therapy, Wright-PSG-Bristol, 1983.

Cook D., O'Connor P. şi colab.: Naturally occurring muscle pain during exercise: assessment and experimental evidence, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1997/29/999-1.012.

Cooke S., Petersen S. şi colab.: The influence of maximal aerobic power on recovery of skeletal muscle following anaerobic exercise, *Eur. J. Appl. Physiol.,* 1997/75/512-519.

Cottin Y., Walker P. şi colab.: Relationship between increased peak oxigen uptake and modifications in skeletal muscle metabolism following rehabilitation after myocardial infarction, *J. Cardiopulm. Rehabil.,* 1996/16/169-174.

Cox M.: Exercise training programs and cardiorespiratory adaptation, *Clin. Sports Med.,* 1991/10/19-32.

Crutchfield C., Barnes M.: Motor control and motor learning in rehabilitation, Stokesville Publ. Co., Atlanta, 1993.

Daub W., Knapik G.: Strength training early after myocardial infarction, *J. Cardiopulm. Rehab.,* 1996/16/100-108.

Daube J.R.: Electrophysiologic studies in the diagnosis and prognosis of motor neuron diseases, *Neurol. Clin.,* 3:473-493, 1985.

Davis R., De Luca P. şi colab.: Clinical gait analysis, Medscape Orthopedics Sport Med., 1998/2/5.

De Meersman R.: Heart rate variability and aerobic fitness, *Am. Heart J.,* 1993/125/726-731.

DeLisa J.: Rehabilitation medicine, J.B. Lippincott, Philadelphia, 1988.

DeLisa J.A., Gans B.M.: Rehabilitation Medicine: Principles and practice; Lippincott-Raven Publishers, 1998.

DeLisa J.A., Saeed M.A.: The tarsal tunnel syndrome, *Muscle Nerve,* 6:664-670, 1983.

Delitto A., Snyder-Mackler L.: Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation, *Phys. Ther.,* 1990/70/158-164.

DeLuca C.J.: Control properties of motor units. In: Basmajian J.V., DeLuca C.J., eds. *Muscle alive: their functions revealed by electromyography.* Baltimore: Williams & Wilkins, 1985; 125-167.

Denys E.H.: AAEM case report 5: Amyotrophic lateral sclerosis, *Muscle Nerve,* 1994; 17:263-268.

Di Fabio R., Emasithi A.: Aging and mechanisms underlying head and postural control during voluntary motion, *Physical Therapy,* 1997/77.

Di Fabio R.: New perspectives on balance, *Physical Therapy,* 1997/77.

Duchateau J., Hainaut K.: Isometric or dynamic training: differential effects on mechanical properties of a human muscle, *J. Appl. Physiol.,* 1984/56/296-301.

Dumitru D.: Single muscle fiber discharges (insertion activity, endplate potentials, positive sharp waves, and fibrillation potentials): A unifying proposal, *Muscle Nerve,* 1996; 19:221-226, 229-230.

Dyck P.J., Dyck J.B., Grant I.A., Fealey R.D.: Ten steps in characterizing and diagnosing patients with peripheral neuropathy, *Neurology,* 1996; 47:10-17.

Eisen A.: Electrodiagnosis of radiculopathies, *Neurol. Clin.,* 3:495-510, 1985.

El-Sayed M.: Effects of high and low intensity aerobic conditioning programs on blood fibrinolysis and lipid profile, *Blood Coagul., Fibrinolysis,* 1996/7/484-490.

Enoka R.: Muscle strength and its development, New perspectives, *Sports Med.,* 1988/6/148-168.

Enoka R.: Neuromechanical basis of kinesiology, *Human Kinetics,* 1994.

Enoka R.: Neural adaptations with chronic physical activity, *J. Biomech.,* 1997/39/447-455.

Enoka R.M.: Neuromechanical basis of kinesiology 2nd Edition, *Human Kinetics,* 1994.

Epstein F.: Bone marrow, cytokine, and bone remodeling, *New Engl. J. Med.,* 332/5/1995.

Erickson R., McPhee M.: Clinical evaluation, In: Rehabilitation Medicine, J. De Lisa, Lippincott, Philadelphia, 1998/5.

Fabre C., Masse-Biron J. şi colab.: Effectiveness of individualized aerobic training at the ventilatory threshold in the elderly, *J. Gerontol. Biol. Sci. Med.*, 1997/52/260-266.

Feiereisen P., Duchateau J.: Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior, *Exp. Brain. Res.*, 1997/114/117-123.

Felsenthal G., Butler D.H., Shear M.S.: Across tarsal tunnel motor nerve conduction technique, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1992; 73:64-69.

Finneson B.: Low back pain, Lippincott, Philadelphia, 1981.

Fletcher G., Banja J. şi colab.: Rehabilitation medicine, Lea & Febiger, Philadelphia, 1992.

Fonong T., Toth M. şi colab.: Relationship between physical activity and HDL-colesterol, *Atherosclerosis*, 1996/127/177.

Fritz J.: Segmental instability of lumbar spine, *Phisical Therapy*, 1998/78.

Fujita Y., Nakamura Y. şi colab.: Physical strength tests and mortality among visitors to health-promotion centers în Japan, *J. Clin. Epid.*, 1995/48/1.349-1.359.

Fukunaga T., Ichinose Y. şi colab.: Determination of length and pennation in a contracting human muscle in vivo, *J. Appl. Physiology*, 1997/2/1/354-358.

Fung Y.C.: Biomechanics: Mechanical properties of living tissue, Springer, 1993.

Gilchrist L.: Age-related changes in rheability to change direction during gait, 20th Annual Meeting of Am. Soc. Biomech., Atlanta, 1996/17-19 oct.

Gilliat R.W.: Thoracioutlet syndromes. In Dyck P.J., Thomas P.K., Lambert E.H. and Bunge R., eds.: Peripheral Neuropathy, 2nd Ed., Vol. II, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1984.

Gitte A.J., Stolov W.C.: AAEM minimonograph 16: Instrumentatioanmeasuremenin electrodiagnostic medicine - Part I, *Muscle Nerve*, 1995; 18:799-811.

Gitte A.J., Stolov W.C.: AAEM minimonograph 16: Instrumentatioanmeasuremenin electrodiagnostic medicine - Part II, *Muscle Nerve*, 1995; 18:812-824.

Gonzales E., Myers S. şi colab.: Phisiological basis of rehabilitation medicine, Butterworth, Boston, 2001/3.

Gottlieb G., Song Q. şi colab.: Coordinating two degrees of freedom during human arm movement: load and speed invariance of relative joint torques, *J. Neurophysiology*, 1996/76/3.196-3.206.

Greve J., Muszkat R.: Functional electrical stimulation: muscle histochemical analysis, *Paraplegia*, 1993/31/764-770.

Grimby G.: Physical activity and muscle training in the elderly, *Acta Med. Scand. Suppl.*, 1998/711/233-237.

Gutmann L., Gutmann L.: Axonal channelopathies: An evolving concept in the pathogenesis of peripheral nerve disorders, *Neurology*, 1996; 47:18-20.

Haber P.: The science of medical training, *Wien Med. Wochenschr.*, 1993/143/26-35.

Haggard P., Hutchinson K. şi colab.: Patterns of coordinated multijoint movement, *Exp. Brain. Res.*, 1995/107/254-266.

Hall C., Brodi L.: Therapeutic exercise. Moving toward function, Lippincott, Williams and Wilkins, 1999.

Hallet M.: Electrophysiologic approaches to the diagnosis of entrapment neuropathies, *Neurol. Clin.*, 3:373, 1985.

Harold Elrick: Commentary: Exercise is medicine. *Physician and Sportsmed*, 1996/24/2.

Harold Elrick: Exercise: The best prescription. *Physician and Sportsmed*, 1996/24/2.

Haulică I.: Fiziologie umană, Edit. Medicală, Bucureşti, 1989.

Heise G., Matin P.: Ground reaction force. Characteristics and running economy, 20th Annual Meeting of Am. Soc. Biomech., Atlanta, 1996/17-19 oct.

Helbling D., Boutellier U. şi colab.: Modulation of the ventilatory increase at the onset of exercise in humans, *Respir. Physiol.*, 1997/109/219-229.

Hepple R., Mackinnon S. şi colab.: Resistance and aerobic training in older men: effects on VO_2 peak and the capillary supply to skeletal muscle, *J. Appl. Physiol.*, 1997/82/1.305-1.310.

Heuleu J.: Physiologie du tendon, *Rev. Prat.*, 1991/41/18.

Hickner R., Fisher J. şi colab.: Muscle glycogen accumulation after exercise in trained and untrained individuals, *J. Appl. Physiol.*, 1997/83/897-903.

Higbie E., Cureton K. şi colab.: Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation, *J. Appl. Physiol.*, 1996/81/5.

Hinderer S., Hinderer K.: Principles and applications of measurement methods, In: Rehabilitation Medicine, J. DeLisa, Lippincott, Philadelphia, 1998.

Horak F., Henry S. şi colab.: Postural perturbations: insights for treatment of balance disorders, *Phys. Therap.*, 1997/77.

Hortobagyi T., Barrier J. şi colab.: Great initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening, *J. Appl. Physiol.*, 1996/81/1.677-1.682.

Housh D., Housh T.: The effects of unilateral velocity-specific concentric strength training, *J. Orthop. Sports Physical Therapy*, 1993/17/252-256.

Hounker M., Halle M.: Structural and functional adaptations of the cardiovascular system by training, *Int. J. Sports Med.*, 1996/suppl. 3/164-172.

Jaric S., Ropret R. şi colab.: Role of agonist and antagonist muscle strength in performance of rapid movements, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1995/71/464-468.

Jaskolska A.: The influence of intermittent fatigue exercise on early and late phase of relaxation from maximal voluntary contraction, *Can. J. Appl. Physiol.*, 1997/22/573-584.

Jeka J.: Light touch contact as a balance aid, *Phys. Therapy*, 1997/77.

Jette A., Delitto A.: Physical therapy; treatment choices for musculoskeletal impairments, *Phys. Therapy*, 1997/77/145-154.

Jeukendrup A., Mensink M. şi colab.: Exogenous glucoze oxidation during exercise in endurance-trained and untrained subjects, *J. Appl. Physiol.*, 1997/82/835-840.

Jones D., Rutherford O. şi colab.: Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training, *Q.J. Exp. Physiol.*, 1989/74/233-256.

Kampert J., Blair S.: Physical activity, physical fitness, and all cause and cancer mortality: a prospective study of men and women, *Annals Epidem.*, 1996/6/452-457.

Kanehisa H., Ikegawa S. şi colab.: Force-velocity relationships and fatiguability of strength and endurance-trained subjects, *Int. J. Sports Med.*, 1997/18/106-112.

Kelley G.: Mechanical overload and skeletal muscle fiber hyperplasia: a meta-analysis, *J. Appl. Physiol.*, 1996/81/4.

Kenney W.: Thermoregulation during exercise in healthy older adults, *Ex. Sport. Sci. Rev.*, 1997/25/41-76.

Kimura J.: Electrodiagnosis in Diseases of nerve and muscle: Principles and Practice, Philadelphia, F.A. Davis Co., 1984.

Kirkaldy W.: Managing low back pain, Churchill-Livingstone, 1981.

Kisner C., Colby L.: Therapeutic exercise (foundation and tehniques), F.A. Davis Pub. Philadelphia, 1990.

Klippel J.H., Dieppe P.A.: Rheumatology, Mosby, 1994.

Kottke F., Lehmann J.: Krusen's Handbook of physical med. and rehabilitation, W.B. Saunders Co., 1990.

Kues J., Mayhew T.: Concentric and eccentric force-velocity relationships during electrically induced submaximal contractions, *Physioth. Res. Int.,* 1996/1/195-204.

Kurowski Kurt: The participation athletic evaluation, *Am. Fam. Physician,* 2000/1.

Leech S.: Review of muscle healing, *New Zealand J. Physiot.,* 1997/25/1/15-18.

Lehmann M., Lormes W. şi colab.: Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports, *J. Sports Med. Phys.,* Fitness, 1997/37/7-14.

Leroy A., Pieron G. şi colab.: Kinesitherapie, Ed. Flammarion, Paris, 1986.

Levin K.H., Maggiano H.J., Wilbourn A.J.: Cervicaradiculopathies Comparison of surgical and EMG localization of single root lesions. *Neurology,* 1996; 46:1022-1025.

Lieber R., Fowler B.: Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation, *Phys. Therapy,* 1993/73/844-856.

Longhurst J., Stebbins C.: The isometric athlete, *Cardiol. Clin.,* 1992/10/281-294.

Mahler D., Franco M.: Clinical applications of cardiopulmonary exercise testing, *J. Cardiopulmonary Rehabil.,* 1996/16/357-365.

Maki B., McIlroy W.: The role of limb movements in maintaining upright stance: the change in support strategy, *Phys. Therapy,* 1977/77.

Markand O.M., Kinkaid J.D., Pourmand R.A. et al.: Electrophysiologie evaluation of diaphragm by transcutaneous phrenic nerve stimulation, *Neurology,* 34:604, 1984.

Marilyn Daniel: Occupational therapy protocol management in adult physical dysfunction, Aspen Publication, 1992.

Marks R.: Peripheral mechanisms underlying the signalling of joint position, *New Zealand J. Physiot.,* 1997/25/1/7-13.

Mary Bridle: Are doing and being dimensions of holism? *Am. J. O. Therapy,* 2000/3/11.

Matthew S., Michael L.: Strength training: rationale for current guidelines for adult fitness programs, *Physician and Sportsmedicine,* 1997/25/2.

Maughan R., Watson J.: Muscle strength and cross-sectional area in man: a comparison of strength-trained and untrained subjects, *Br. J. Sports Med.,* 1984/18/149-157.

McCarty J., Agre J.: Compatibility of adaptative responses with combining strength and endurance training, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1995/27/429-436.

McKenna M., Heigenhauser G. şi colab.: Enhanced pulmonary and active skeletal muscle gas exchange during intense exercise after sprint training in men, *J. Physiol.,* 1997/501.

McNitt-Gray G., Eagle J. şi colab.: Modifications in joint kinetics during stop and go landing movements under fatigued and non-fatigued conditions, 20th Annual Meeting of Am. Soc. Biomech., Atlanta, 1996/17-19 oct.

Miller R.G.: Hereditary and acquired polyneuropathies, *Neurol. Clin.,* 3:543-556, 1985.

Moller M., Ekstrand J. şi colab.: Duration of stretching effect on range of motion in lower extremities, *Arch. Phys. Med. Rehab.,* 1985/66/171-173.

Monfardini S., Aapro M. şi colab.: Commission of the European Communities „Europe Against Cancer" Programme. European school of oncology advisory report. Cancer treatment in the elderly, *Eur. J. Cancer,* 1993/29A/2.325-2.330.

Moritani T., deVries H.: Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain, *Am. J. Physiol. Med.,* 1979/58/115-130.

Morrissey M., Harman E.: Resistance training modes: specificity and effectiveness, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1995/27/648-660.

Moss B., Refsnes P. şi colab.: Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships, *Eur. J. Appl. Physiol.,* 1997/75/193-199.

Mumenthalen M., Schliack H., eds.: Peripheral nerve lesions. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1991.

Mumira Adenwalla: The therapeutic use of music with gerontic clients receiving occupational therapy, *Am. J. O. Therapy,* 2000/3/11.

Murphy A., Wilson G.: The ability of tests of muscular function to reflect training-induced changes in performance, *J. Sports Sci.,* 1997/15/191-200.

Nadedka S.D., Sander D.B.: Measurement of the amplitude of the EMG envelope, *Muscle Nerve,* 1990; 13:933-938.

Neiger H.: Les contensions souples, Masson, 1988.

Neufer P.: The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training, *Sports Med.,* 1989/8/302-320.

Oh S.J., Hyun S.K., Ahman B.K.: Electrophysiological diagnosis of interdigital neuropathy of the foot, *Muscle Nerve,* 7:218-225, 1984.

Park Ta, Harris G.H.: „Guided" intramuscular fine wire electrode placement. A new technique, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.,* 1996, May-June; 75 (3): 232-4.

Parry G.J.: AAEM case report 30: multifocal motor neuropathy, *Muscle Nerve,* 1996; 19:269-276.

Pedretti L.W.: Occupational therapy, Mosby, 1996.

Penelope Moyers: The guide to occupational therapy practice, *Am. J. O. Therapy,* 1999/53/3.

Petrou M., Bowles C. şi colab.: Comparative study of the bimechanical performance of trained and untrained skeletal muscle, *Cardiovasc. Res.,* 1997/33/583-592.

Petty W., Miller G.: Total knee contact pressure: the effect of congruity and alignment, Medscape orthopedics and sports medicine, 1988/2/2.

Phillips L.H., Park T.S.: Electrophysiologic mapping of the segmental anatomy of the lower extremity, *Muscle Nerve,* 1991; 14:1213-1218.

Pierquin L., Andre J.M.: Ergotherapie, Masson, 1980.

Plas F., Hagron E.: Kinesithérapie active, Masson, Paris, 1979.

Ploutz-Snyder L., Tesch P.: Increased vulnerability to eccentric exercise-induced dysfunction and muscle injury after concentric training, *Arch. Phys. Med. Reh.,* 1998/79/58–61.

Popa D., Popa V.: Terapia ocupaţională pentru bolnavii cu deficienţe fizice, Edit. Universităţii Oradea, 1999.

Proctor D., Joyner M.: Skeletal muscle mass and the reduction of VO_2 max in trained older subjects, *J. Appl. Physiology,* 1997/82/1.411-1.415.

Randolph D.C.: Functional capacity evaluation and disability management, J. Back and Musculoskeletal Rehab., 1996/7/181-186.

Ricard M., Butterfield D. şi colab.: Acute effects of exercise on passive joint stiffness, 20th Annual Meeting of Am. Soc. Biomech., Atlanta, 1996/17-19 oct.

Rimoldi O., Furlan R. şi colab.: Analysis of neural mechanisms accompanying different intensities of dynamic exercise, *Chest,* 1992/101/Suppl/226-230.

Robănescu N.: Reeducarea neuromotorie, Edit. Medicală, Bucureşti, 1992.

Robinson L.R., Temkin M.R., Fujimoto W.Y., Stolov W.C.: Effect of statistical methodology on normal limits in nerve conduction studies, *Muscle Nerve,* 1991; 14:1084-1090.

Rodriquez A.A., Agre J.C., Black P.O., Franke T.M.: Motor unit firing rates in postpolio and control subjects during submaximal contraction, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.,* 1991; 70:191-194.

Rooney K., Herbert R.: Fatigue contributes to the strength training stimulus, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1994/26/1.160-1.164.

Russek A., Hofkosh J.: Isometric exercises for physical fitness, Inst. of Rehab. Med., N.Y. University, 1964.

Rutherford O., Jones D.: The role of learning and coordination in strength training, *Eur. J. Appl. Physiol.,* 1986/55/100-105.

Ryerson S., Levin K.: Functional movement reeducation, Churchill-Livingstone, 1997.

Sainburg R., Poizner H.: Loss of proprioception produces deficits in interjoint coordination, *J. Neurophysiology,* 1993/70/2.136-2.147.

Saw S., Mironowicz M.: Joints. World Ortopedics Inc., 1997.

Sbenghe T.: Corelări între proprietăţile mecanice ale ţesutului moale şi tehnica stretching, Balneofiziot. şi Rec. Med., 1-2/1996.

Sbenghe T.: Evaluare şi program în asistenţa de recuperare, Balneofiziot. şi Rec. Med., nr. 3-4-5/1996.

Sbenghe T.: Introducere în kinesiterapie. Curs ţinut la Fac. de kinetoterapie, Oradea, 2000, 2001.

Sbenghe T.: Kinetologie profilactică, terapeutică şi de recuperare, Edit. Medicală, Bucureşti, 1987.

Sbenghe T.: Terapia ocupaţională. Curs pentru masterat ţinut la Fac. de kinetoterapie, Oradea, 2000, 2001.

Scheſne J.M., Dawson M.D.: The use sensory action potentials in the diagnosis of peripheral nerve disease, *Arch. Neurol.,* 1990; 47:341-348.

Schenkman M., Shipp K. şi colab.: Relationships between mobility of axial structures and physical performance, *Physical Therapy,* 1996/76/276-285.

Schenkman M., Shipp K. şi colab.: Relationships between mobility of axial structures and physical performance, *Physical Therapy,* 1996/76/276-285.

Shapiro L.: The morphologic consequences of training, *Cardiol. Clin.,* 1997/15/373-379.

Soderberg G.: Kinesiology, Williams & Wilkins, Baltimore, 1986.

Sorichter S., Mair J. şi colab.: Muscular adaptation and strength during early phase of eccentric training: influence of the training frequency, *Med. Sci. Sports. Exerc.,* 1997/29/1.646-1.652.

Spinner M.: Injuries to the Major Branches of Peripheral Nerves of the Forearm, 2nd Ed. Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1978.

Stevens J.C.: AAEE Minimonograph No. 26: The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome, *Muscle Nerve,* 2:99-113, 1987.

Stevens N., Sykes K.: Aerobic fitness testing: an Update. Occup. Health, 1996/48/436-438.

Stiene H., Brosky T. şi colab.: A comparison of closed kinetic chain and isokinetic joint isolation exercise in patients with patellofemural dysfunction, *J. Orthop. Sports Phys. Therap.,* 1996/24/136-141.

Strojnik V., Komi P.: Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise, *J. Appl. Physiol.,* 1998/84/344-350.

Sullivan P., Marcos P. şi colab.: An integrated approach to therapeutic exercise, Reston Pub. Comp., Virginia, 1983.

Sumner A.J.: The Physiology of Peripheral Nerve Disease. Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1980.

Sunderland S.: Nerves and Nerve Injuries, 2nd Ed. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1978.

Swinnen S., Dounskaia N. şi colab.: Relative phase destabilization during interlimb coordination: the disruptive role of kinesthetic afference induced by passive movement, *Exp. Brain Res.,* 1995/105/439-454.

Tabata I., Irisawa K. şi colab.: Metabolic profile of high intensity intermittent exercises, *Med. Sci. Sports Exercise,* 1997/29/390-395.

Tax A., Gielen C.: New aspects of human muscle coordination as revealed by motor-unit studies, *Prog. Brain Res.,* 1993/97/153-159.

Taylor D., Brooks D.: Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1997/29/1.619-1.624.

Teague B., Schwane J.: Effect of intermittent eccentric contraction on symptoms of muscle microinjury, *Med. Sci. Sports Exerc.,* 1995/27/1.378-1.384.

Testa M., Simonson D.: Assessment of quality of life outcomes, *New Engl. J. Med.,* 1996/334/13.

Thomas T., Ziogos G.: Influence of fitness status on very-low-density lipoprotein subfraction and lipoprotein (a) in man and women, *Metabolism,* 1997/46/1.178-1.183.

Thomas T., Londeree B.: Prolonged recovery from eccentric versus concentric exercise, *Can. J. Appl. Physiol.,* 1994/19/441.

Thompson W.: Exercise and health: fact or hype? *Southern Med. Journal,* 1994/87/567-574.

Thorstensson A., Hulten B. şi colab.: Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle, *Acta Phys. Scand.,* 1976/96/392-398.

Toji H., Suei K. şi colab.: Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development, *Can. J. Appl. Physiol.,* 1997/22/328-336.

Umphred D.: Neurological rehabilitation, Mosby, 1995.

Van Handel P.: The preparticipation fitness test, *Clinics Sports Med.,* 1991/10/1-18.

Vandewalle H., Peres G.: Standard anaerobic exercise tests, *Sports Med.,* 1987/4/268-289.

Viel Eric: Le diagnostic kinesitherapique, Masson, 1998.

Weir L., Weir J. şi colab.: Effect of an aerobic training program on physical working capacity at heart rate threshold, *Eur. J. Appl. Physiol.,* 1997/75/351-356.

Whelihan W. şi colab.: The relation of neuropsychological measures to levels of cognitive functioning in elderly individuals, *Appl. Neuropsychology,* 1997/4/3.

Wilbourn A.J.: The value and limitation of electromyographic examination in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy. In: Hardy R.W. ed. Lumbar disc disease. New York, Raven Press, 1982; 65-109.

Wilbourn A.J.: AAEE case report No. 12: Common peroneal mononeuropathy at the fibular head, *Muscle Nerve,* 1986, 9:825-836.

Wilbourn A.J.: Electrodiagnosis of plexopathies, *Neurol. Clin.,* 3:511-529, 1985.

Williams J.: Contractile apparatus and sarcoplasmic reticulum function: effect of fatigue, recovery, and elevated Ca^{+}_{2}, *J. Appl. Physiol.,* 1997/83/444-450.

Wilson B., McLellan L.: Rehabilitation Studies Handbook, Cambridge Univ. Press, 1997.

Wilson G., Murphy A.: The specificity of strength training: the effect of posture, *Eur. J. Appl. Physiol.,* 1996/73/346-352.

Woodent A., Nair R. şi colab.: Definition of life quality from a patient versus health care professional perspective, *Int. J. Rehabil. Res.,* 1997/20/71-80.

Wu G., Chiang J.: The significance of somatosensory stimulations to the human foot in the control of postural reflexes, *Exp. Brain Res.,* 1997/114/163-169.

Wu G., Zhao W.: The control of spatial body orientation in human upright stance, 20th Annual Meeting Am. Soc. Biomech., Atlanta, 1996/17-19 oct.

Wu G., Chiang J.: Relation between ankle movement and postural reflexes, 20th Annual Meeting Am. Soc. Biomech., Atlanta, 1996/17-19 oct.

Young B., Stiens S. şi colab.: Physical Med. and Rehab. Secrets, Hanley & Belfus Inc., Philadelphia, 1996.es, *Prog. Brain Res.,* 1993/97/153-159.

Zwartz M.J., Guechev A.: The relation between conduction velocity and axonal length, *Muscle Nerve,* 1995; 18:1244-1279.

*** American Association of Electrodiagnostic medicine. Guidelines in electrodiagnostic medicine, *Muscle Nerve,* 15: 229-253.

*** American Heart Association: Exercise standards, Rapport A.H.A., *Circulation,* 1995, nr. 91, 580-610.

*** American Medical Association: Guides to the evaluation of permanent impairement, A.M.A., 1995.

*** Arthritis Foundation: The musculoskeletal system. Primar on the rheumatic dis, Atlanta, 1993.

*** Ciba Collection: Musculoskeletal system, Ciba-Geigy, 1991.

*** Medical Research Council: Aids to the Examination of the Peripheral Nervous System. London, Her Majesty's Stationery Office, 1976.

*** Occupational Therapy. Postgraduate course: Queen Margaret University College, 2000/9/8.

*** Am. Occup. Therap. Ass. Consumer Info, 2000/17/12.

*** Am. Acad. Kinesiology and Physic. Educ. Kinesiology: The field of Study, 1997/11.

*** The changing nature of physical education: Kinesiology, 1996/09/24. [Introduction to kinesiology; History of the kinesiology; Biomechanics (mechanical kinesiology); Kinesiology - the discipline; Exercise physiology; Motor Behavior; The kinesiology subdomains].

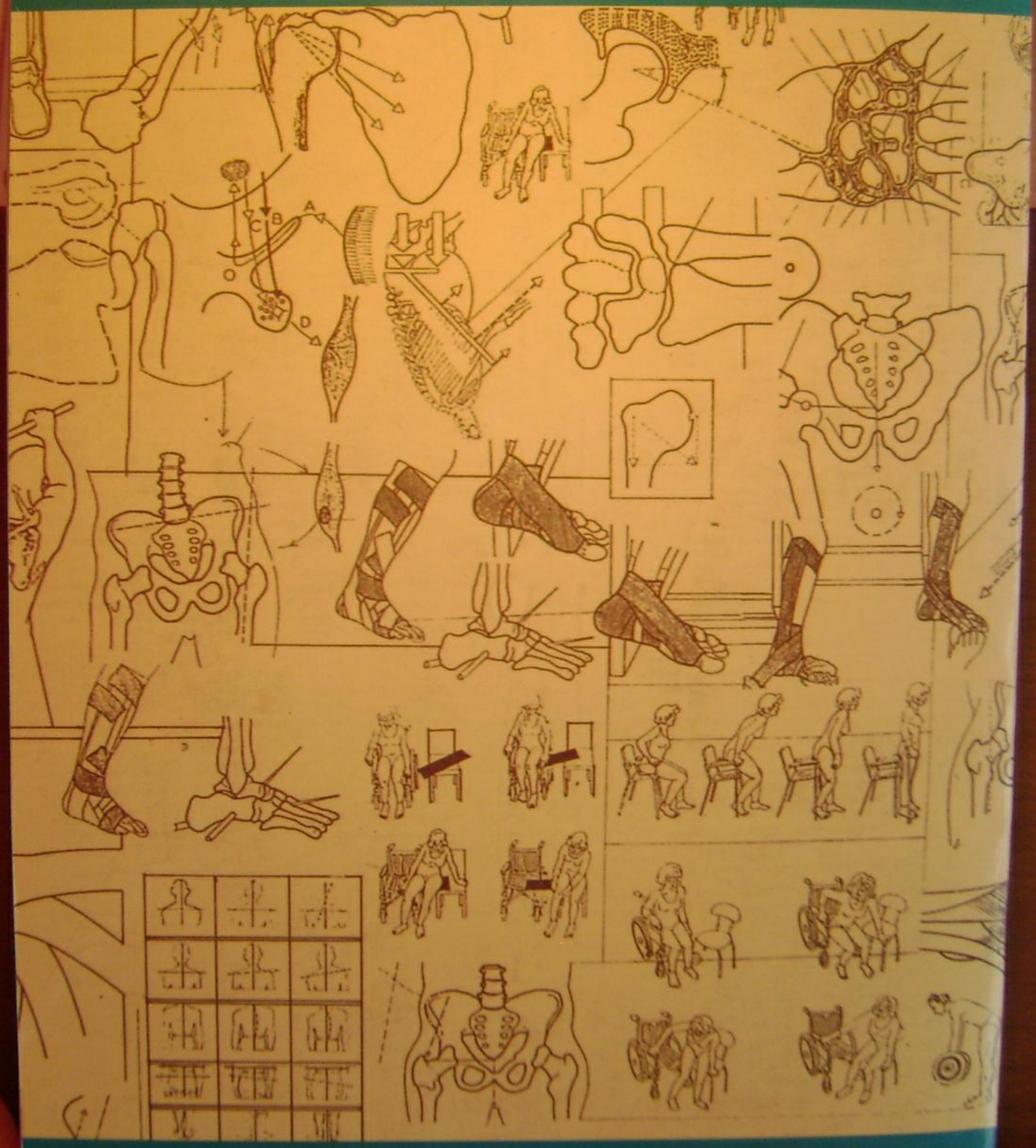
*** University of Illinois at Urbana - Champaign. Department of Kinesiology. Introduction to Kinesiology (course), 1998/10/20.

*** – World Health Organization: International classification of impairments, disabilities and handicaps, Geneva, 1980.

FUNDAŢIA „ROMÂNIA DE MÂINE" BIBLIOTECA

Lucrarea executată la
Imprimeria „ARDEALUL" Cluj
B-dul 21 Decembrie nr. 146 Cluj-Napoca
Tel: 413871; Fax: 413883
Comanda nr. 2001

EDITURA MEDICALĂ



ISBN 973-39-0377-9

LEI 400.000